

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Michal Kašpárek

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe

Individual Professional Practice in the Company

2020

Michal Kašpárek

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Kašpárek**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: Elektromont Brno, a. s.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Svoboda, Ph.D.

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2020




prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 15. května 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kašpárek', written over a dotted line.

Michal Kašpárek

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9
Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě dne: *15. května 2020*


.....

Podpis zástupce

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval firmě Elektromont Brno, akciová společnost, že mi umožnila vykonat odbornou praxi a tím přispět k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům z firmy Elektromont Brno, akciová společnost, se kterými jsem se setkal a kteří mi během odborné praxe pomáhali jak v teoretické, tak i v praktické části dané problematiky. Jmenovitě bych chtěl poděkovat především panu Ing. Pavlu Svobodovi, Ph.D. a Ing. Martinu Golasowskému, Ph.D. za organizaci mé praxe ve firmě a konzultaci při vytváření mé bakalářské práce. Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi za konzultace při vytváření této bakalářské práce a v neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za velkou podporu během mých studií.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje mou individuální odbornou praxi, kterou jsem prováděl ve firmě Elektromont Brno, akciová společnost, divize Ostrava. V první řadě popisuje odborné zaměření firmy, pracovní zařazení studenta, výpis úkolů, které jsem během 50 dnů praxe řešil a zvolený postup řešení zadaného úkolu. V samotném závěru se zabývám znalostmi získanými během studia, které jsem uplatnil v průběhu odborné praxe. Dále se znalostmi nebo dovednostmi, které mi scházely během odborné praxe a v neposlední řadě dosaženými výsledky v průběhu odborné praxe a celkové zhodnocení odborné praxe.

Klíčová slova

Individuální odborná praxe, AutoCAD, projektant, distribuční transformátor, regulátor jalového výkonu, administrativní budova, kapacitní jalový výkon

Abstract

This bachelor thesis describes my individual professional practice, which I performed in the company Elektromont Brno, akciová společnost, division Ostrava. In the first place, it describes the professional focus of the company, the work position of the student, the list of tasks I have dealt with during the 50 days of practice and the chosen procedure for solving the given task. In the conclusion I deal with the knowledge gained during my studies, which I applied during my professional practice. Furthermore, with the knowledge or skills I missed during my professional practice and last but not least the results achieved during my professional practice and the overall evaluation of my professional practice.

Keywords

Individual professional practice, AutoCAD, planner, distribution transformer, reactive power regulator, office building, capacitive reactive power

Seznam použitých symbolů a zkratek

MaR – Měření a regulace

ČSN – Česká technická norma

ASŘ – Automatizované systémy řízení

EPS – Elektronický požární systém

CCTV – (Closed Circuit Television) Kamerové systémy

EZS – Elektronický zabezpečovací systém

STA – Televizní rozvody

PBX – Telefonní rozvody

ACS – Kontrola přístupu osob a docházky

nn – nízké napětí

vn – vysoké napětí

vvn – velmi vysoké napětí

NSP - Národní soustava povolání

T – Distribuční transformátor

RH – Hlavní rozváděč

RC – Kompenzační rozváděč

RS – Světelný rozváděč

RM – Motorický rozváděč

RMS – Rozváděč motorický světelný

BR – Bytová rozvodnice

DUR – Dokumentace pro územní řízení

DSP – Dokumentace pro stavební povolení

DPS – Dokumentace pro provádění stavby

DSPS – Dokumentace skutečného provedení stavby

TZB – Technické zařízení budov

SÚIP - Státní úřad inspekce práce

ZIP - Zákon o inspekci práce

OIP - Oblastní inspektorát práce

I – Elektrický proud [A]

I_{μ} – Magnetizační proud [A]

η – Účinnost [%]

P_i – Instalovaný příkon [kW]

Q – Jalový výkon [kvar]

Q_C – Kapacitní jalový výkon [kvar]

C – Kapacita [μ F]

L – Indukčnost [mH]

TL – Hradicí ochranná tlumivka

KM – Silové kontakty stykače

Seznam ilustrací

<i>Obr. 1: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení.....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Obr. 2: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení.....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obr. 3: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení.....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Obr. 4: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení.....</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Obr. 5: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1.....</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Obr. 6: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2.....</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Obr. 7: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů - staré řešení.....</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Obr. 8: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů - staré řešení.....</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Obr. 9: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení požadovaného jalového kapacitního výkonu Q pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1.....</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Obr. 10: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení požadovaného jalového kapacitního výkonu Q pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2.....</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Obr. 11: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení skutečného jalového kapacitního výkonu Q se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů - staré řešení.....</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Obr. 12: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení skutečného jalového kapacitního výkonu Q se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů - staré řešení.....</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Obr. 13: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení.....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Obr. 14: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení.....</i>	<i>- 60 -</i>

Obr. 15: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení.....- 66 -

Obr. 16: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení.....- 67 -

Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Nejkratší praxe požadovaná pro pracovníky v § 10.....</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Tab. 2: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Tab. 3: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tab. 4: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tab. 5: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tab. 6: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tab. 7: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tab. 8: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Tab. 9: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tab. 10: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tab. 11: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Tab. 12: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Tab. 13: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení.....</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Tab. 14: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 56 -</i>
<i>Tab. 15: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 57 -</i>
<i>Tab. 16: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 57 -</i>
<i>Tab. 17: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 57 -</i>

<i>Tab. 18: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 58 -</i>
<i>Tab. 19: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 1 pro nové řešení.....</i>	<i>- 58 -</i>
<i>Tab. 20: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Tab. 21: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Tab. 22: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Tab. 23: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Tab. 24: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Tab. 25: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče</i>	
<i>RC 2 pro nové řešení.....</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Tab. 26: Celkové hodnoty kapacitních jalových výkonů Q_C kompenzačních rozváděčů</i>	
<i>RC 1 a RC 2 pro staré a nové řešení.....</i>	<i>- 68 -</i>

Obsah

1.	Úvod.....	- 17 -
a.	Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta.....	- 18 -
2.	O společnosti.....	- 18 -
2.1.	Profil a základní údaje.....	- 18 -
2.2.	Obory činnosti.....	- 18 -
3.	Popis pracovního zařazení studenta.....	- 20 -
b.	Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti.....	- 20 -
4.	Základní stupně projektové dokumentace staveb.....	- 21 -
4.1.	PD – Projektová dokumentace.....	- 21 -
4.2.	Studie.....	- 21 -
4.3.	DUR – Dokumentace pro územní řízení.....	- 22 -
4.4.	DSP - Dokumentace pro stavební povolení.....	- 22 -
4.5.	DVZ – Dokumentace pro výběr zhotovitele.....	- 23 -
4.6.	DPS – Dokumentace pro provedení stavby.....	- 23 -
4.7.	DSPS – Dokumentace skutečného provedení stavby.....	- 24 -
5.	Práce projektanta.....	- 24 -
5.1.	Vyhláška č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice.....	- 25 -
5.2.	Povinnosti organizace.....	- 26 -
6.	Svěřený úkol.....	- 27 -
6.1.	Popis objektu.....	- 27 -
c.	Zvolený postup řešení zadaných úkolů.....	- 28 -
6.2.	Popis stavu před úpravou stupňů pro staré řešení.....	- 28 -
6.3.	Nasazení síťového analyzátoru C.A 8336.....	- 42 -
6.4.	Provedená měření.....	- 42 -
6.5.	Vyhodnocení měření.....	- 49 -
6.6.	Popis stavu po úpravě stupňů pro nové řešení.....	- 51 -
6.7.	Návrh nového řešení.....	- 51 -
d.	Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.....	- 69 -
e.	Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe.....	- 70 -

f.	Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení.....	- 71 -
7.	Literatura.....	- 72 -

1. Úvod

Absolvování individuální odborné praxe ve firmě jsem si zvolil hlavně díky možnosti získání nových zkušeností a přemostění teoretických znalostí s reálnou prací. Jsem také toho názoru, že v praxi se člověk naučí mnohdy více než na akademické půdě a ještě k tomu se zabývá konkrétními problémy, které projektanti řeší denně. Také jsem se při vypracovávání zadaných prací cítil tak, že jsem přispěl aspoň částečně k něčemu, co budou potřebovat a využívat jiní lidé a že je tato činnost ku prospěchu.

V první části méj bakalářské práce se věnuji popisu odborného zaměření firmy, základními informacemi a obory činností, které jsou pro firmu Elektromont Brno, akciová společnost charakteristické. Následně v krátkosti popisuji moje pracovní zařazení na praxi.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na menší zadané úkoly, které jsem dostal k vyřešení. Následně jsem dostal i individuální úkol složitějšího charakteru. Měl jsem provést vyřešení nefunkčních kompenzačních zařízení a navrhnout vhodná řešení.

Na konci popisuji moje uplatněné dovednosti a znalosti získané během studia, chybějící znalosti a dovednosti a také celkové zhodnocení praxe.

a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta

2. O společnosti

2.1. Profil a základní údaje

Společnost Elektromont Brno, akciová společnost se řadí mezi přední elektromontážní firmy v České republice. Nabízí souhrnné řešení v oboru elektro v oblasti slaboproudu, měření a regulace, řídicích systémů a silnoproudu do napětí 110 kV. Společnost byla založena v roce 1993 a za tu dobu si prošla úspěšným vývojem. Od svého založení se specializuje především na projekční, inženýrskou a montážní činnost, včetně výchozích revizí a servisních prací. Jednou z nejvýznamnějších priorit firmy jsou dlouholeté a rozsáhlé zkušenosti při tvorbě mnoha zakázek pro tuzemské a zahraniční zákazníky a to jak v ČR, tak i na zakázkách po celé Evropě. [1]

Hlavní sídlo firmy je v Brně. Provádění zakázek zajišťují divize se sídlem v Brně, Ostravě, pobočky v Trinci, Praze a dceřiná společnost na Slovensku. [1]

Počet zaměstnanců: 114 [1]

2.2. Obory činnosti

Elektromont Brno, akciová společnost se zabývá těmito obory činností:

- Diagnostická činnost
- Projekční činnost
- Slaboproud
- Silnoproud
- Automatizace a MaR [1]

V diagnostické činnosti se firma zabývá především:

- Měřením kvality sítí dle ČSN
- Vyhledáváním poruch na kabelech
- Napětíovými zkouškami na kabelech do 35 kV střídavým zkušebním napětím
- Termovizí [1]

V projekční činnosti se firma zabývá především:

- Výpočty zkratových poměrů v sítích
- Výpočty nastavení ochran
- Trafostanicemi a rozvodnami do 110 kV
- Motorickými a technologickými instalacemi
- Návrhy a výpočty osvětlení dle ČSN
- Světelnými instalacemi

- Strukturovanými kabelážemi
- Automatizované systémy řízení (ASŘ)
- BMS a MaR
- Slaboproudé systémy [1]

Ve slaboproudu se firma zabývá především:

- Elektronickými požárními systémy (EPS)
- Kamerovými systémy (CCTV)
- Strukturovanými kabelážemi
- Elektronickými zabezpečovacími systémy (EVS)
- Televizními rozvody (STA)
- Telefonními rozvody (PBX)
- Kontrolami přístupu osob a docházky (ACS) [1]

V silnoproudu se firma zabývá především:

- Trafostanicemi do 110 kV
- Klasickými i zapouzdřenými rozvodnami do 110 kV
- Kabelovými rozvody do 110 kV
- Motorickými a technologickými instalacemi včetně rozváděčů
- Osvětleními vnitřních i vnějších prostorů
- Uzemněními a hromosvody
- Záložními napájeními a náhradními zdroji [1]

V automatizaci a MaR se firma zabývá především:

- Řídicími systémy pro řízení technologických procesů (ASŘ)
- Měřeními a regulacemi (MaR) [1]

Elektromont Brno, akciová společnost se zabývá všemi stupni řešeními:

- Úvodní technické konzultace a návrhy variantních řešení
- Studie proveditelnosti
- Vypracování projektové dokumentace pro výběrová řízení
- Vypracování prováděcí dokumentace pro realizaci stavby
- Projektové řízení stavby
- Montážní práce
- Revize včetně vypracování výchozí revizní zprávy
- Vypracování dokumentace skutečného provedení stavby
- Uvedení zařízení do provozu
- Komplexní zkoušky
- Školení obsluhy
- Záruční a pozáruční servis [1]

3. Popis pracovního zařazení studenta

Během doby odborné praxe jsem byl zařazen na pozici asistent projektanta ve firmě Elektromont Brno, akciová společnost v divizi Ostrava do týmu projektantů. Své zadané práce jsem vykonával v projekci a spadal jsem pod vedoucího projekce Ing. Martina Golasowského, Ph.D. Po celou dobu, kdy jsem vykonával individuální odbornou praxi, jsem prováděl zadané úkoly dle pokynů zaměstnanců firmy.

b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti

První dny mé odborné praxe byly zaměřeny na seznámení se s programem AutoCAD. Vytvořil jsem si v něm půdorysy našeho rodinného domu pro suterén a přízemí. Zvolil jsem funkci ŠRAFY, následně se mi otevřelo okno s nabídkou možností. Zde jsem si zvolil vzor šrafování, potom jsem klikl na zdi, které jsem chtěl vyšrafovat, protože byly v řezu a nakonec jsem zvolil měřítko. Vzniklé šrafy jsem vložil do hladiny šrafy. Pomocí funkce BLOK jsem si vytvořil schématické značky spínačů, jednofázových zásuvek jednoduchých s ochranným kontaktem, jednofázových zásuvek dvojité s ochranným kontaktem, trojfázových zásuvek s ochranným a středním kontaktem 3N+PE, svítidel, nástěnných svítidel, zářivkových svítidel, světlometu halogenového, tlakového spínače, bojleru, pračky, mrazničky, ledničky, myčky, mikrovlnné trouby a elektrického sporáku. Do půdorysů jsem zakreslil jednotlivé elektrické okruhy. Takto každý vzniklý elektrický okruh jsem si dal do jednotlivých hladin podle účelu a použití okruhu. Následně jsem vytvořil schéma bytové rozvodnice BR, ve kterém byly obsaženy trojfázové a jednofázové jističe, hlavní trojfázový vačkový vypínač, stykač pro bojler a svorkovnice.

Během celé doby působení mé odborné praxe jsem několikrát sestavoval dokladové části a výkresové dokumentace pro několik zakázek. V dokladové části byly obsaženy informace o výrobcích, které byly použity a instalovány ve skutečnosti na zakázkách. Dokladová část obsahovala několik hlavních sekcí. Do těchto sekcí patří rozváděč, kabely, kabelové nosné systémy, uzemnění, měření, přístroje, požární přepážky, revizní zprávy, stavební deník atd. Obecně se v dokladové části vyskytovaly údaje obsažené z katalogu, prohlášení o vlastnostech, prohlášení o shodě, ujištění o prohlášení o shodě, certifikáty výrobků, protokol o kusovém ověření rozváděče, návod na instalaci výrobků a návrh umělého osvětlení prostorů. Na základě provedených výpočtů pomocí několika světelných veličin se následně po vyhodnocení získá graf křivky svítivosti popisující skutečný stav v prostoru. Pomocí takového zjištění se následně navrhne umělé osvětlení. Výkresová část dle stupně projektové dokumentace v sobě zahrnovala technickou zprávu, protokol o určení vnějších vlivů vypracovaný odbornou komisí, kde se definují vnější vlivy v jednotlivých prostorech a navržená opatření v jednotlivých prostorech. Hlavní součástí výkresové části byly i výkresy o rozváděčích, uzemněních, elektroinstalaci osvětlení a silnoproudých rozvodech, zásuvkových rozvodech a napojení strojů. Výkresy týkající se rozváděčů byly označeny zkratkami charakterizující použití a účel rozváděče. Osobně jsem se setkal se zkratkami RS (tzn. rozváděč světelný), RMS (tzn. rozváděč motorický a světelný), RM (tzn. rozváděč motorický) a RC (tzn. rozváděč kompenzační). Tyto zkratky, se kterými jsem se setkal, můžou být nahrazeny i jinými pro stále stejný význam účelu a použití rozváděče.

V průběhu mé odborné praxe jsem se díky názorným ukázkám pracovníků firmy naučil skládat jednotlivé formáty výkresů A0, A1, A2 a A3 na formáty A4. Po složení musí být popisové pole umístěno vždy na přední straně výkresu a musí být přes celou šířku formátu A4.

Nejčastěji jsem se setkal s dokumentací skutečného provedení stavby, kdy tyto výkresy už byly vytvořeny od projektanta a montéři už pomocí nich zapojovali na reálné zakázce. Jakmile v průběhu montáže došlo k jakékoli změně jisticích, chránicích, spínacích a kompenzačních přístrojů a zařízení obecně, jmenovitých hodnot u jističů, proudových chráničů, stykačů, kompenzačních kondenzátorových baterií, průřezů a počtu žil u kabelů, druhu kabelů, případně u zapojení, tak jsem ve výkresech v AutoCADu zakreslil a provedl změny podle skutečného provedení. V popisovém poli, kde je k tomu vymezený prostor, se musí zaznamenat změny. Popíše se vždy, o jakou změnu se jedná, dále následuje datum, podpis a její číselný index. Tyto úkony jsem prováděl.

4. Základní stupně projektové dokumentace staveb

Dále jsem se seznámil se všemi základními stupni projektové dokumentace staveb. Projektová dokumentace silnoproudých rozvodů má v průběhu plánování dotčené stavby několik základních stupňů. Jednotlivé stupně mají své zkratky, které jsou v popisovém poli daného výkresu zapsány. Každý stupeň má svůj vlastní účel a rozsah, který vyplývá ze Stavebního zákona. [2]

4.1. PD - Projektová dokumentace

Projektovou dokumentaci (PD) lze rozdělit do několika základních fází (stupňů): [2]

- studie,
- dokumentace pro územní řízení,
- dokumentace pro stavební povolení,
- dokumentace pro výběr zhotovitele,
- dokumentace pro provedení stavby,
- dokumentace skutečného provedení. [2]

Obecně se dá říci, že každý stupeň je propracovanější s variantou předchozí fáze. V průběhu tvorby dokumentace dochází k upřesňování požadavků nejen na jednotlivé odborníky, ale i na stavbu jako celek. Začíná se od obecných úvah o koncepci funkce objektu až po konkrétní požadavky na napojení na silnoproudé rozvody od konkrétních technologických celků. [2]

4.2. Studie

V první fázi investora většinou zajímá, jak bude jeho záměr technicky řešen a jak budou jednotlivé varianty řešení finančně nákladné. Projektant nastíní možné varianty případného řešení, stanoví rozsah prací, průzkumů a specifikuje spolupráci s jinými profesemi. [2]

Z pohledu projektanta je projektová dokumentace v tomto stupni zastoupena technickou zprávou a výkresovou dokumentací odpovídající tomuto stupni. V ní jsou obsaženy základní technické

údaje, jako např. místo napojení, instalovaný příkon (energetická bilance) řešeného objektu, atd. Dále by měla obsahovat popis zvláštností (např. rozvody v prostředí se zvýšeným rizikem výbuchu) a nástínění jejich možného řešení. [2]

4.3. DUR - Dokumentace pro územní řízení

V dokumentaci pro územní řízení vycházíme ze studie, pokud však byla vytvořena. Je třeba rozpracovat podmínky zajištění napájení elektrickou energií, především co se týká prostorových nároků - rozvodny, trafostanice, záložní zdroje. [2]

V průběhu řešení projektu ve stupni DUR jsou již vedena jednání s úřady a dotčenými osobami a organizacemi - vyjádření těchto veřejnoprávních orgánů (např. správci rozvodů elektrické energie) by mělo být součástí přílohové části dokumentace. [2]

V technické zprávě je opět energetická bilance a popis navrženého řešení. Z technické zprávy by měl být patrný způsob projednání s dotčenými orgány. Grafická část projektové dokumentace obsahuje především výkres se zakreslením stávajících a nově navrhovaných sítí a napájecích bodů (koordinační situace), který slouží jako podklad pro řešení vzájemných vztahů jednotlivých sítí a pro zajištění jejich ochranných pásem. [2]

4.4. DSP - Dokumentace pro stavební povolení

Dokumentace pro stavební povolení (DSP) v sobě zahrnuje propracovanější formu výsledků předchozího stupně tak, aby mohla sloužit pro podání žádosti na stavební úřad. Na rozsah projektové dokumentace ve stupni DSP se vztahuje vyhláška č. 405/2017 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb., a vyhláška č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce a soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr. Veřejnoprávní projednávání s některými orgány je nutné absolvovat znovu a doložit splnění podmínek a připomínek, které se vyskytly a byly uplatňovány při územním řízení. [2]

Textová část má obsahovat zadání, soupis podkladů (architektonické řešení, technický průzkum, podklady od specialistů, konzultace, atd.), návrh řešení a popis provedení. Součástí technické zprávy má být protokol o určení vnějších vlivů, provedený v souladu s ČSN 33 2000-1 ed. 2., která nahrazuje normy ČSN 33 2000-3 a ČSN 33 2000-1. [2]

Výkresová část obsahuje výkresy řešení půdorysů. Z nich by mělo být patrné umístění přípojkových skříní, rozmístění rozváděčů, stoupacích vedení a hlavních kabelových tras. Z hlediska koordinace projektové dokumentace je vhodné uvádět dimenze jednotlivých zařízení a systémů. Výkresy dále obvykle obsahují zákresy pozic technologických celků (vzduchotechnické a chladicí jednotky, slaboproudé ústředny) a případných atypických případů, jež budou napájeny elektrickou energií. V místnostech je vhodné navrhnout počty koncových prvků (zásuvky, vypínače), není však nutné je přesně umisťovat (záleží na domluvě s investorem). Počty svítidel je praktické podpořit udáním světelné intenzity, na níž byl návrh osvětlovací soustavy proveden. [2]

4.5. DVZ - Dokumentace pro výběr zhotovitele

Dokumentace pro výběr zhotovitele (DVZ), jak vyplývá z názvu, slouží jako podklad pro výběrová řízení. Tato projektová dokumentace má obsahovat souhrn údajů a informací, nutných ke tvorbě adekvátní nabídky potencionálního dodavatele (mj. specifikace zařízení, jejich počet, technické parametry apod.). Je přibližně totožná s dokumentací pro stavební povolení, zvláštní pozornost je nutné věnovat tvorbě výkazu výměr - nesmí v něm být opomenuto nic, co by mohlo mít fatální vliv na kalkulace dodavatelů. [2]

4.6. DPS - Dokumentace pro provedení stavby

Nejpracovanější varianta projektu v průběhu příprav stavby. Požadavky na kvalitu, charakteristické vlastnosti stavby a instalovaných zařízení jsou již jednoznačně určeny. Většinou je již znám okruh dodavatelů jednotlivých technologických celků, od nichž je možné získat konkrétní požadavky na napájení elektrickou energií, resp. ovládání. Rozsah projektové dokumentace ve stupni DPS je opět jednoznačně určen vyhláškou č. 405/2017 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb., a vyhláška č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce a soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr. [2]

Technická zpráva musí obsahovat:

- základní technické údaje elektroinstalace, např. napájecí napěťová soustava, způsob ochrany před úrazem elektrickým proudem, určení vnějších vlivů,
- energetickou bilanci, rozdělenou na jednotlivé druhy spotřebičů a druhy sítí včetně instalovaného a soudobého příkonu,
- způsob měření spotřeby elektrické energie včetně případného technického řešení kompenzace,
- předpokládanou roční spotřebu elektrické energie na základě provozních hodin,
- způsob technického řešení napájecích rozvodů od napojení na rozvodnou síť (rozvody k hlavním a podružným rozváděčům a instalovaným zařízením a spotřebičům),
- způsob řešení náhradních zdrojů včetně zálohovaných rozvodů,
- popis technického řešení osvětlovací soustavy včetně ovládání,
- popis technického řešení zásuvkových okruhů,
- popis technického řešení napojení vzduchotechniky, chlazení, topných systémů, zdravotní techniky a požárních systémů na elektrickou energii včetně případného způsobu ovládání systémem MaR,
- popis technického řešení připojení požárních systémů, elektrické požární signalizace (EPS), elektrické zabezpečovací signalizace (EVS), kamerového systému (CCTV), měření a regulace (MaR) a jejich koordinace se silnoproudými zařízeními,
- popis technického řešení napojení technologických celků (slaboproudé systémy, výtahy, atd.),
- způsob uložení kabelového nebo jiného vedení vůči stavebním konstrukcím,
- popis způsobu a provedení uzemnění a hromosvodu včetně provedení uzemňovací soustavy. [2]

Součástí technické zprávy je i seznam technických norem, kterých bylo v projektové dokumentaci použito a podle kterých je nutné provádět montáž. [2]

Výkresová část se skládá z následujících příloh (výkresů):

- silnoproudé rozvody a zařízení zakreslené do půdorysů,
- schémata rozváděčů v provedení jednopólovém; jsou-li obsaženy pomocné obvody, tak včetně liniových schémat,
- celkové blokové schéma hlavních napájecích rozvodů, doplněné o základní technické údaje o instalovaném a soudobém příkonu pro jednotlivé rozváděče, dimenze vedení a zkratové údaje na jednotlivých rozváděcích. [2]

Součástí výkresové části u staveb, které obsahují vazby na ostatní profese (např. MaR, EPS, atd.), může být rovněž blokové schéma pomocných ovládacích a signalizačních kabelů. [2]

4.7. DSPS - Dokumentace skutečného provedení stavby

Jedná se o projekt, který v sobě zahrnuje zakreslení reálného stavu (včetně všech změn, k nimž došlo v průběhu stavby). Tato dokumentace výrazně usnadňuje opravy, revize a rekonstrukce v průběhu užívání dotčené budovy. Projektová dokumentace je vydána v rozsahu stupně pro provedení stavby (DPS). Kromě místního technického průzkumu samotného projektanta je nezbytně nutná precizní součinnost prováděcí (dodavatelské) firmy. [2]

5. Práce projektanta

V průběhu mé pravidelné docházky do firmy jsem zpozoroval spousty případů, co tato práce obnáší a co je potřeba splnit za požadavky, abych se ním vůbec mohl stát. S postupem času jsem si také dával jednotlivé informace do souvislostí a bylo mi to najednou o něco jasnější než na začátku, kdy jsem nevěděl spoustu věcí a připadalo mi to chaotické a nelogické.

Projektant má na starost návrh a realizaci projektové dokumentace všech stupňů. Jednání s úřady nebo vyjádření správců sítí se následně promítá do výsledného projektu. Během návrhu projektové dokumentace je potřeba konzultovat celou činnost s investory, s členy týmu nebo dalšími externími odborníky. Musí úzce spolupracovat s manažery projektu a dalšími odborníky, kteří se na celé práci podílí. Jako příklad projektantů z dalších oborů, kteří musí spolupracovat s elektro projektanty, bych zde mohl uvést stavební projektanty a projektanty technických zařízení budov TZB, do kterých spadají obory vodoinstalací, topenářů, vzduchotechniky atd.

Jednotlivé stupně výkresových dokumentací jsou v dnešní době převážně vytvářeny elektronicky na počítači v softwarové podpoře AutoCAD od společnosti AUTODESK. Tato softwarová podpora pro 2D a 3D projektování je plně využívána ve firmě. V první fázi se převezme stavební půdorys dané zakázky od stavebního projektanta a v něm se dále navrhuje rozmístění veškerých elektrických strojů, přístrojů, rozváděčů a zařízení přímo do půdorysu daného prostoru stavby. Následně se provádí návrh elektrických rozvodů a ochrany, které mají být použity pro správnou funkci a bezpečnost ochrany před úrazem elektrickým proudem.

Všichni projektanti v ČR budou muset do roku 2022 přejít celoplošně na software Revit od společnosti AUTODESK. Tento program slouží pro 3D projektování. Ve firmě tímto programem už bylo naprojektováno a uskutečněno pár zakázek.

Převážná část práce projektanta je tvořena prací nad projektovou dokumentací. Mimo jiné musí mít povědomí o všech příslušných normách a změnách v nich a v neposlední řadě sledovat vývoj a nové trendy v oblasti elektroinstalačních komponentů a materiálů. Proto, aby mohl provést např. zakreslení dokumentace o skutečném provedení stavby, potřebuje navštívit místo realizace a tam porovná a zaznamená změny vzniklé v průběhu realizace zakázky.

Projektanti provádí výpočty zkratových proudů, vypínacích charakteristik jističů a pojistek, selektivity jištění a impedančních smyček pomocí programu Sichr. Program Pavouk slouží pro návrh a dimenzování sítí nn. Je určen pro sítě TN, TT a IT pro napětíovou soustavu do 1000 V. Dokáže řešit jak paprskové, tak i zauzlené sítě. Proveď i výpočty úbytků napětí, trojfázových souměrných zkratů a jednofázového zemního zkratu.

Projektant, pakliže nejsou vnější vlivy určeny, se dále musí zamyslet komplexně nad vnějšími vlivy a v protokolu o určení vnějších vlivů musí uvést výpis rizik, která by mohla vzniknout v daném prostoru za určitých předpokladů. Následně ze zjištěných možných rizik zvolí optimální přístroje a zařízení, která se hodí do daného prostoru, a tím zároveň také minimalizuje tyto rizika. Dále se musí vyznat v celé řadě norem a kontrolovat, jestli se jedná o platnou normu nebo právě o nejaktuálnější vydání. Minimální požadované vzdělání pro možnost stát se projektantem je střední vzdělání s maturitní zkouškou (vychází se z Národní soustavy povolání dle kvalifikační úrovně NSP 4).

5.1. Vyhláška č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice

Jedná se o vyhlášku, která stanovuje stupně odborné způsobilosti pracovníků. Tito pracovníci musí být tělesně a duševně způsobilí pro daný výkon činnosti. [3]

§ 10 Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování

Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování jsou ti, kteří mají odborné vzdělání a praxi určenou zvláštními předpisy a složili zkoušku ze znalosti předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení a z předpisů souvisejících s projektováním. [3]

Zkoušku je povinna zajistit projektující organizace. Dále je povinna zajistit nejméně jednou za tři roky přezkoušení pracovníků pro samostatné projektování a pracovníků pro řízení projektování. [3]

Zkoušení nebo přezkoušení provede organizací pověřená alespoň tříčlenná zkušební komise, jejíž nejméně jeden člen musí mít kvalifikaci v § 8, § 9 nebo § 10. Komise pořídí o zkoušení nebo přezkoušení zápis, podepsaný jejími členy. O termínu a místě konání zkoušek nebo přezkoušení prokazatelně uvědomí organizace příslušný orgán dozoru alespoň čtyři týdny před jejich konáním. V téže lhůtě uvědomí i příslušný závod organizace pro rozvod elektrické energie, půjde-li o pracovníky pro řízení projektování nebo pracovníky, kteří projektují elektrická odběrná zařízení určená pro přímé připojení na zařízení veřejného rozvodu elektřiny. [3]

Požadavky pro získání § 10:

- Lékařské potvrzení o zdravotní způsobilosti.
- Platí pouze pro osoby s elektrotechnickým vzděláním.
- Je vyžadována doložená praxe na elektrických zařízeních.
- Podmínkou je mít platné osvědčení o vykonané zkoušce dle vyhlášky 50/1978 Sb. minimálně § 6.
- Pro úspěšné vykonání zkoušky pro pracovníky dle § 7, § 8 a § 10 je nutná oznamovací povinnost 4 týdny předem na Státní úřad inspekce práce SÚIP. Tato kontrola o dodržování povinnosti vyplývá z právních předpisů k zajištění bezpečnosti práce dle § 3 odst. 1 písm. d) podle zákona č. 251/2005 Sb. ZIP (Zákona o inspekci práce). Zajišťuje ji Státní úřad inspekce práce SÚIP a Oblastní inspektorát práce OIP.
- Platnost osvědčení je nejdéle 3 roky. [4] [5] [6] [7]

Tab. 1: Nejkratší praxe požadovaná pro pracovníky v § 10 [4]

činnost		vzdělání	praxe
na elektrických zařízeních	do 1000 V	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	1 rok
	nad 1000 V	vyučení, SO, ÚSO, VŠ	2 roky
na hromosvodech		zaškolení	6 měsíců
		vyučení, SO, ÚSO, VŠ	3 měsíce

5.2. Povinnosti organizace

Organizace jsou povinny zajišťovat trvalé zvyšování odborné úrovně pracovníků uvedených v této vyhlášce, soustavné doplňování jejich znalostí v souladu s nejnovějšími poznatky vědy a techniky, zejména v oblasti předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, včetně technických norem, souvisejících s jejich činností. [3]

Organizace smí pověřovat činností, řízením činnosti, samostatným projektováním nebo řízením projektování a prováděním revizí jen pracovníky, kteří mají odpovídající kvalifikaci ve smyslu této vyhlášky. [3]

Projektující organizace je povinna ustanovit pracovníka, který odpovídá za řízení projektování, popřípadě i jeho zástupce. Tito pracovníci musí mít kvalifikaci podle § 10. [3]

Organizace vydá pracovníkům uvedeným v § 6 až 8 a v § 10, kteří složili zkoušku, osvědčení. Organizace je povinna vést evidenci vydaných osvědčení přístupnou příslušným orgánům dozoru. Pracovník, kterému bylo vydáno osvědčení, je povinen ho předložit na požádání příslušným orgánům dozoru. [3]

6. Svěřený úkol

6.1. Popis objektu

Abych využil mé teoretické vědomosti získané během studijních let na školách k praktickému použití, byl mi svěřen úkol vyřešit nefunkční kompenzační zařízení administrativní budovy. Z předložené dokumentace jsem zjistil, že kompenzační rozváděče RC se nachází v hlavní rozvodně suterénu objektu administrativní budovy.

V hlavní rozvodně administrativní budovy jsou použity dva distribuční transformátory v suchém provedení o jmenovitém zdánlivém výkonu 400 kVA. Tento jeden transformátor je schopný na straně nn dodat do distribuční sítě k odběrným místům jmenovitý proud až 630 A při stoprocentním zatížení. V hlavní rozvodně nn se nachází dva hlavní rozváděče RH, kde každý je použitý pro jeden transformátor. Každému z těchto hlavních rozváděčů RH je přiřazen i kompenzační rozváděč RC. Propojení hlavního rozváděče RH 1 s hlavním rozváděčem RH 2 umožňuje tzv. podélná spojka, kde v tomto poli je použit pojistkový odpínač s jmenovitým proudem 630 A. V normálním bezporuchovém provozu je tato podélná spojka rozepnutá a je propojen zvlášť jen distribuční transformátor T1 s hlavním rozváděčem RH 1 a distribuční transformátor T2 s hlavním rozváděčem RH 2. Podélná spojka slouží například v případě poruchy, plánované diagnostiky nebo revize jednoho z distribučních transformátorů k propojení obou hlavních rozváděčů RH současně z druhého distribučního transformátoru pro možnost neustálé dodávky elektrické energie.

Měřením jsem zjistil, že zatížení obou transformátorů z hlediska jejich možného zatížení je velmi malé. Z distribučního transformátoru T1 je odebírán proud 35,09 A (viz. bod A, vzorec 6.20) a z distribučního transformátoru T2 je odebírán proud 31,67 A (viz. bod B, vzorec 6.22). Proudové (výkonové) využití distribučního transformátoru T1 je jen 5,57 % (viz. bod A, vzorec 6.21) a využití distribučního transformátoru T2 je jen 5,03 % (viz. bod B, vzorec 6.23). Z těchto skutečností je patrné, že tyto oba dva distribuční transformátory jsou provozovány v hodnotách, které se přibližují stavu naprázdno. Z tohoto důvodu jsou k oběma distribučním transformátorům paralelně připojeny trvale statické kondenzátorové baterie zapojené do trojúhelníku s kompenzačním výkonem 6,25 kvar. Tento kompenzační výkon kondenzátorových baterií je zakreslen na *Obr. 2, Obr. 4, Obr. 14 a Obr. 16*.

Napájení administrativní budovy jen jedním distribučním transformátorem by bylo lepší, protože by jeden transformátor byl proudově (výkonově) lépe využit, měl by lepší účinnost η a zmenšil by se magnetizační proud I_μ a druhý distribuční transformátor by sloužil jako stoprocentní záloha výkonu v případě potřeby. Nabízela se zde tedy možnost, že by jeden distribuční transformátor napájel po dobu půl roku celou administrativní budovu a druhý distribuční transformátor by sloužil jako stoprocentní záloha výkonu a po půl roce by se tyto funkce prohodily. Takový návrh byl předložen zákazníkovi, ale ten s tím nesouhlasil.

c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů

6.2. Popis stavu před úpravou stupňů pro staré řešení

Na samém počátku zakázky bylo počítáno s tím, že tato budova bude mít v souhrnu velký instalovaný příkon P_i . Bylo navrženo, že tato budova bude napájena dvěma distribučními transformátory o jmenovitém zdánlivém výkonu 400 kVA, což je v přepočtu na jmenovitý proud 630 A. Bylo potřeba provést skupinovou kompenzaci. Do objektu se zvolila stupňovitá kompenzace pomocí klasických kontaktních stykačových spínaných kompenzačních kondenzátorů. Pro distribuční transformátor T1 byl navržen kompenzační rozváděč RC 1 se sedmi stupni, kdy každý z těchto sedmi kompenzačních stupňů mělo k dispozici 6,25 kvar kapacitního jalového výkonu (viz. Obr. 1, Obr. 2 a Tab. 2 až Tab. 7) a pro distribuční transformátor T2 byl navržen kompenzační rozváděč RC 2 se sedmi stupni, kdy každý z těchto sedmi kompenzačních stupňů mělo k dispozici 22,5 kvar kapacitního jalového výkonu (viz. Obr. 3, Obr. 4 a Tab. 8 až Tab. 13).

Až s postupem času se ukázalo skutečné zatížení administrativní budovy. Skutečný instalovaný příkon byl najednou malý. Bylo zde použito nepřeberné množství spínaných zdrojů, které jsou použity ve spoustě spotřebičů, které jsou používány v administrativní budově. Mezi ně patří např. počítače, notebooky, tiskárny, mikrovlnné trouby a třeba i úsporné kompaktní zářivky, zářivky, výbojky, LED svítidla, stmívatelné zdroje k LED diodám a pohybové senzory. Tyto všechny spínané zdroje jsou sami o sobě zdrojem jalového kapacitního výkonu a zčásti, i když nepatrně, dodávají tento výkon do sítě. Tím pádem napomáhají k překompenzování. Dále byly použity rychlovarné konvice, kávovary a klimatizační jednotky. Z toho plyne, že proudové a výkonové využití jednotlivých transformátorů bylo nízké a hlavně původní navržení kompenzačních rozváděčů RC 1 a RC 2 bylo nevhodné, protože docházelo neustále k překompenzování. Požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon, který síť vyžadovala a který měl být dodán do sítě, aby byl splněn požadovaný účinník sítě, tak byl vždy menší a ve skutečnosti byl dodáván do sítě vždy vyšší kapacitní jalový výkon z toho důvodu, že regulátor jalového výkonu NOVAR 1007 nemohl vybrat požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon, protože jednotlivé stupně obsahovaly vysoké hodnoty kompenzačních kapacitních jalových výkonů a ještě k tomu jednotlivé stupně měly stejné hodnoty těchto výkonů. Z tohoto druhého hlavního důvodu docházelo k překompenzování. Dalším problémem bylo, že regulátor jalového výkonu NOVAR 1007 u klasických kontaktních stykačových spínaných kompenzačních kondenzátorů reagoval na změny zatížení v síti až po třech minutách. Došlo-li během intervalu tří minut ke změně zatížení, regulátor jalového výkonu tuto skutečnost nezaznamenal a považoval situaci, jakoby bylo zatížení stejné jako na začátku tohoto intervalu. Tím pádem v tomto intervalu buď nedokompenzoval nebo překompenzoval síť. Záleželo na velikosti zatížení.

Pro úplnost zde nyní uvedu, jak bylo postupováno pro návrh jednotlivých prvků kompenzačních rozváděčů. V první řadě ji provedu pro staré řešení kompenzačního rozváděče RC 1.

Staré řešení kompenzačního rozváděče RC 1:

Výpočet sériové rezonanční frekvence mezi hradicí ochrannou tlumivkou a kompenzačním kondenzátorem: [8]

$$f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{100}{p}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{100}{7}} = 189 \text{ Hz} \quad (6.1)$$

Výpočet řádu harmonické, při kterém nastává sériová rezonance: [14]

$$n_r = \frac{f_r}{f_n} = \frac{189}{50} = 3,78 \quad (6.2)$$

Výpočet činitele zatlumení (hradicího faktoru): [14]

$$p = \frac{1}{n_r^2} \cdot 100 = \frac{1}{3,78^2} \cdot 100 = 7 \% \quad (6.3)$$

Nyní bude následovat výpočet jednotlivých veličin a parametrů pro všech 7 stupňů kompenzačních kondenzátorů a hradicích ochranných tlumivek.

Výpočty pro 6,25 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 6,25 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.4)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{6,25}{1 - \frac{7}{100}} = 5,81 \text{ kvar} \quad (6.5)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{6,25 \cdot 10^3} = 29,6 \Omega \quad (6.6)$$

Výpočet indukční reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 29,6 = 2,07 \Omega \quad (6.7)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 29,6} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 29,6} = 1,0754 \cdot 10^{-4} \text{ F} = 107,54 \mu\text{F} \quad (6.8)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{2,07}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{2,07}{100 \cdot \pi} = 6,59 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 6,59 \text{ mH} \quad (6.9)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{5,81 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 8,39 \text{ A} \quad (6.10)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 8,39 = 16,78 \text{ A} \quad (6.11)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 20 A gG.

Tab. 2: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení [8]

Stupeň	Kompenzační kondenzátory					
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Proud I_N	Kapacita C_N	Napětí U_C
			(kvar)	(A)	(μF)	(V)
1.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
2.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
3.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
4.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
5.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
6.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
7.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440

Tab. 3: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro staré řešení [8] [16]

Stupeň	Hradicí ochranné tlumivky									
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Výkon Q_{LC}	Indukčnost L_N	Kapacita C_N	Proud I_N	Napětí U_N	Napětí U_C	Činitel zatlumení p
			(kvar)	(kvar)	(mH)	(μ F)	(A)	(V)	(V)	(%)
1.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
2.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
3.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
4.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
5.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
6.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
7.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7

Tab. 4: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro staré řešení [8]

Stupeň	Kondenzátorové stykače				
	Výrobce	Typ	Výkon Q_N	Napětí U_N	Proud I_N
			(kvar)	(V)	(A)
1.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
2.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
3.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
4.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
5.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
6.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
7.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14

Tab. 5: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro staré řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové odpínače					
	Výrobce	Typ	Pracovní napětí U_e	Pracovní proud I_e	Velikost pojistkové vložky	Stupeň krytí
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
2.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
3.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
4.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
5.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
6.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
7.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20

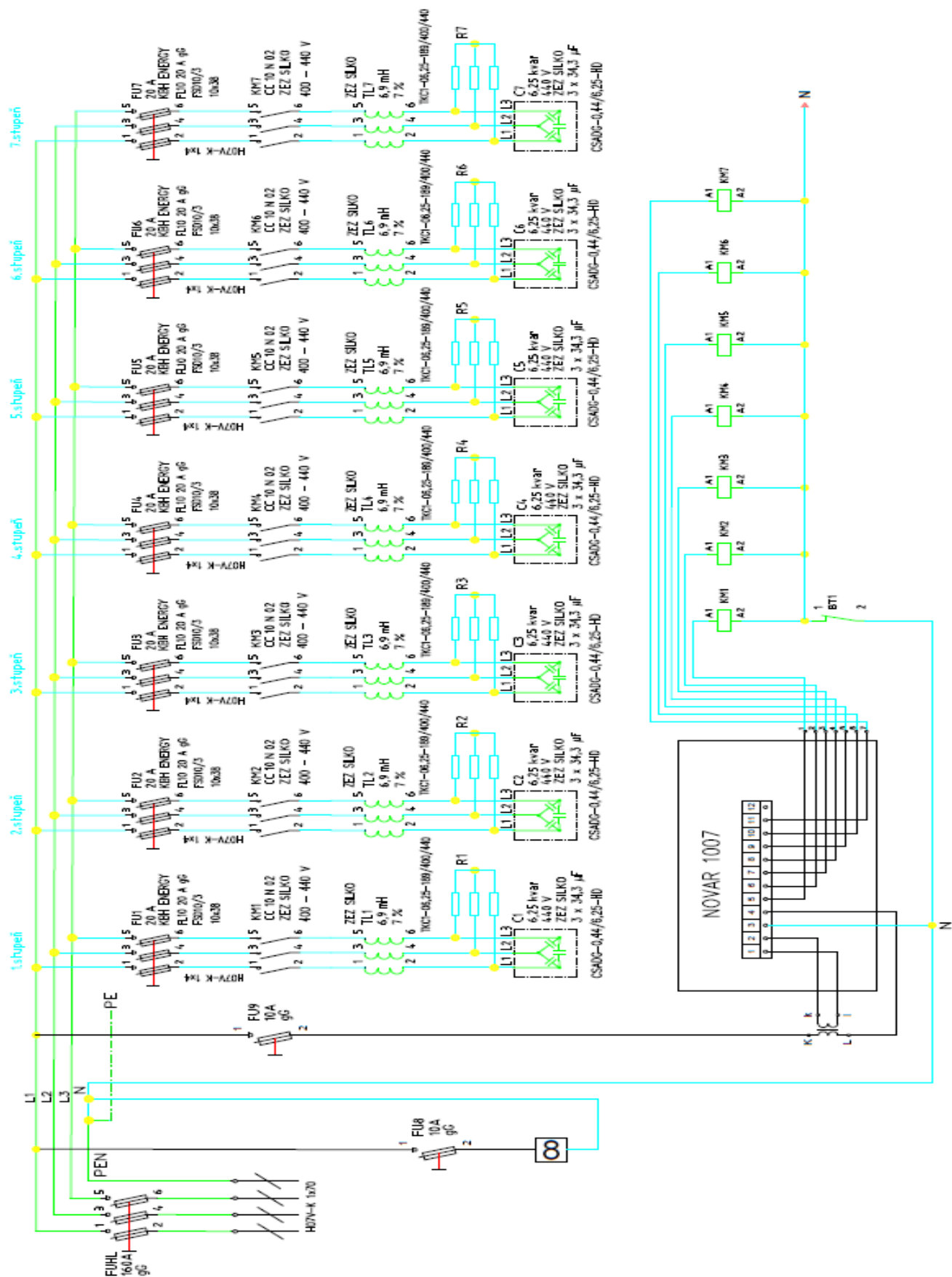
Tab. 6: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové vložky					
	Výrobce	Typ	Jmenovité napětí U_N	Jmenovitý proud I_n	Velikost pojistkové vložky	Charakteristika
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
2.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
3.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
4.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
5.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
6.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
7.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG

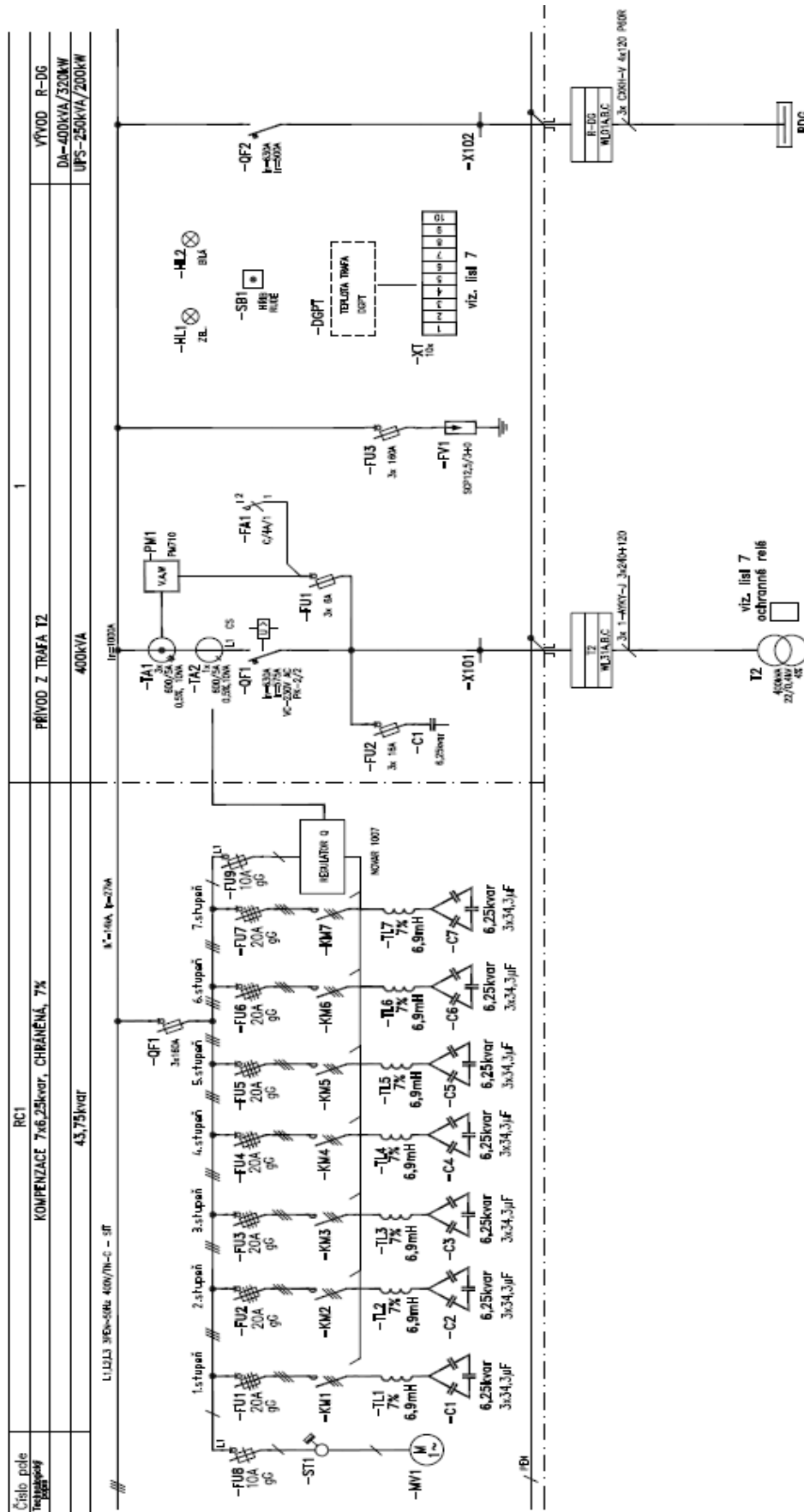
Tab. 7: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro staré řešení [10]

Stupeň	Vodiče							
	Výrobce	Typ vodiče	Jmenovitý průřez	Proudová zatížitelnost	Maximální průměr vodiče d	Maximální činný odpor R_k	Jmenovité napětí	Zkušební napětí
			(mm ²)	(A)	(mm)	(Ω/km)	(V)	(kV)
1.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
2.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
3.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
4.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
5.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
6.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
7.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5

Na výkresech na Obr. 1 a Obr. 2 se jedná o kompenzační rozváděč RC 1 pro staré řešení před úpravou stupňů. Zde se nachází řízená jednotka regulátoru jalového výkonu NOVAR 1007, která umožňuje napojení až pro 8 kompenzačních stupňů. V našem případě bylo využito jen 7 kompenzačních stupňů. Každý z těchto 7 stupňů disponuje kapacitním jalovým výkonem $Q_C = 6,25$ kvar a kapacitou $C = 3 \times 34,3 \mu\text{F}$, dále jsou zde v sérii s kompenzačními statickými kondenzátory hradící ochranné tlumivky, které mají indukčnost $L = 6,9$ mH. Jednotlivé parametry součástí, prvků a přístrojů kompenzačního rozváděče RC 1 jsou uvedeny v Tab. 2 až Tab. 7. Celkový kapacitní výkon kompenzačního rozváděče RC 1 je 43,75 kvar, což je znázorněno v Tab. 26.



Obr. 1: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení



Obr. 2: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení

Dále zde nyní uvedu pro úplnost, jak bylo postupováno pro návrh jednotlivých prvků starého řešení kompenzačního rozváděče RC 2.

Staré řešení kompenzačního rozváděče RC 2:

Protože výsledky výpočtů sériové rezonanční frekvence, řádu harmonické a činitele zatlumení jsou stejné jako u starého řešení kompenzačního rozváděče RC 1, tak je nebudu znovu uvádět. Jedná se o vztahy 6.1, 6.2 a 6.3.

Nyní bude následovat výpočet jednotlivých veličin a parametrů pro všech 7 stupňů kompenzačních kondenzátorů a hradicích ochranných tlumivek.

Výpočty pro 22,5 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 22,5 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.12)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c}\right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11}\right)^2 \cdot \frac{22,5}{1 - \frac{7}{100}} = 20,93 \text{ kvar} \quad (6.13)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{22,5 \cdot 10^3} = 8,22 \Omega \quad (6.14)$$

Výpočet induktivní reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 8,22 = 0,58 \Omega \quad (6.15)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 8,22} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 8,22} = 3,872 \cdot 10^{-4} \text{ F} = 387,2 \mu\text{F} \quad (6.16)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,58}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{0,58}{100 \cdot \pi} = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 1,85 \text{ mH} \quad (6.17)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{20,93 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 30,21 \text{ A} \quad (6.18)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 30,21 = 60,42 \text{ A} \quad (6.19)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 63 A gG.

Tab. 8: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [12]

Stupeň	Kompenzační kondenzátory					
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Proud I_N	Kapacita C_N	Napětí U_C
			(kvar)	(A)	(μF)	(V)
1.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
2.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
3.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
4.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
5.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
6.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440
7.	KBH ENERGY	FORTIS II MKP 22,5 kvar/440 V	22,5	32	3 x 123,75	440

Tab. 9: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [13]

Stupeň	Hradicí ochranné tlumivky									
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Výkon Q_{LC}	Indukčnost L_N	Kapacita C_N	Proud I_N	Napětí U_N	Napětí U_C	Činitel zatlumení p
			(kvar)	(kvar)	(mH)	(μ F)	(A)	(V)	(V)	(%)
1.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
2.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
3.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
4.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
5.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
6.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7
7.	KBH ENERGY	VINDEX II 22,20/400-7-25,00/440	25	22,2	1,727	123,75	32	400	440	7

Tab. 10: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [8]

Stupeň	Kondenzátorové stykače				
	Výrobce	Typ	Výkon Q_N	Napětí U_N	Proud I_N
			(kvar)	(V)	(A)
1.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
2.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
3.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
4.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
5.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
6.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36
7.	ZEZ SILKO	CC 25 N 01	25	400 - 440	36

Tab. 11: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové odpínače					
	Výrobce	Typ	Pracovní napětí U_e	Pracovní proud I_e	Velikost pojistkové vložky	Stupeň krytí
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
2.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
3.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
4.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
5.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
6.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
7.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20

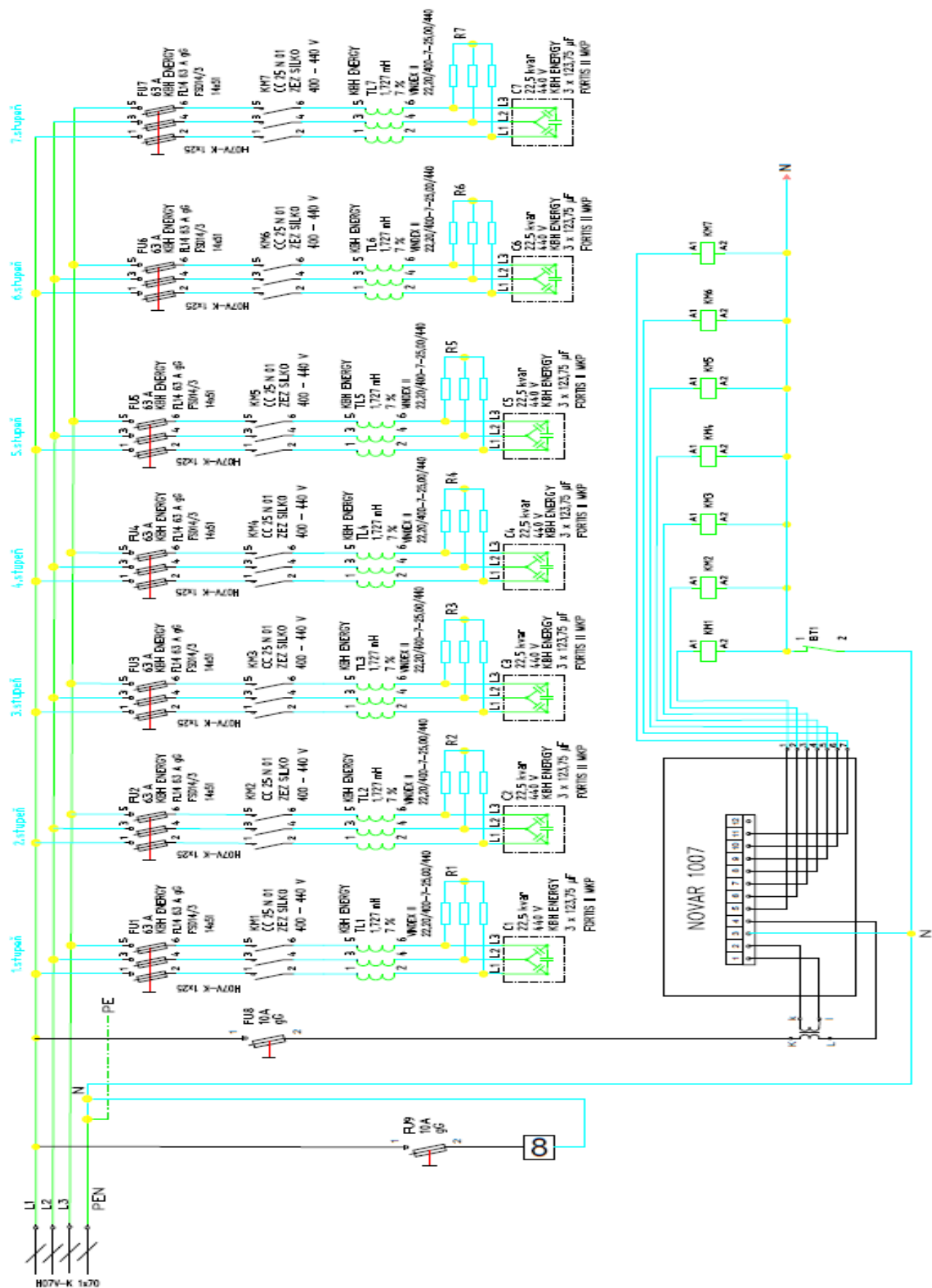
Tab. 12: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové vložky					
	Výrobce	Typ	Jmenovité napětí U_N	Jmenovitý proud I_n	Velikost pojistkové vložky	Charakteristika
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
2.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
3.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
4.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
5.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
6.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG
7.	KBH ENERGY	FL14 63 A gG	500	63	14x51	gG

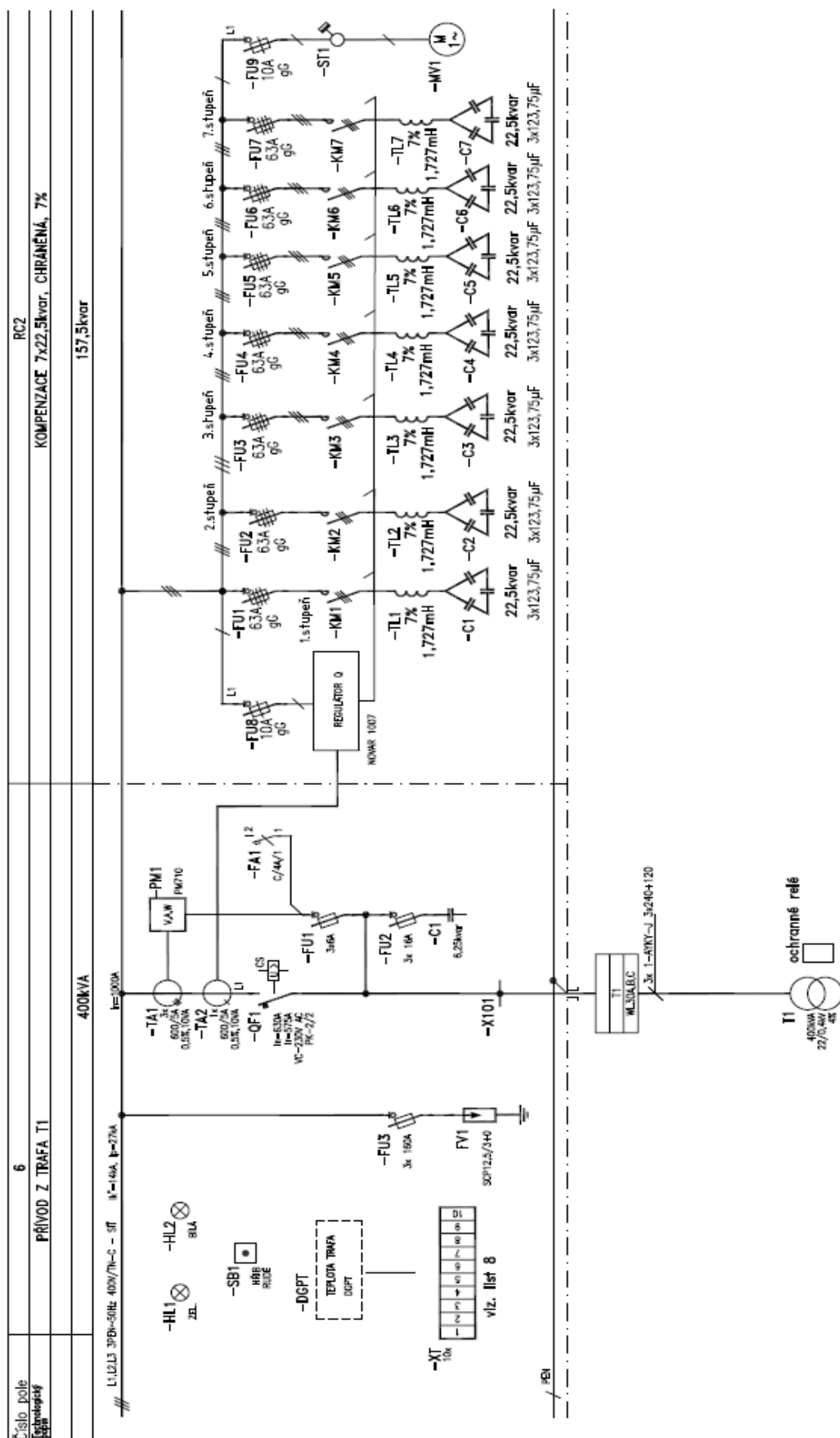
Tab. 13: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro staré řešení [10]

Stupň	Vodiče							
	Výrobce	Typ vodiče	Jmenovitý průřez	Proudová zatížitelnost	Maximální průměr vodiče d	Maximální činný odpor R_k	Jmenovité napětí	Zkušební napětí
			(mm ²)	(A)	(mm)	(Ω/km)	(V)	(kV)
1.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
2.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
3.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
4.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
5.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
6.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5
7.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	25	150	9,1	0,78	450/750	2,5

Na výkresech na Obr. 3 a Obr. 4 se jedná o kompenzační rozváděč RC 2 pro staré řešení před úpravou stupňů. Zde se opět nachází řízená jednotka regulátoru jalového výkonu NOVAR 1007, která umožňuje napojení až pro 8 kompenzačních stupňů. V našem případě bylo využito jen 7 kompenzačních stupňů. Každý z těchto 7 stupňů disponuje kapacitním jalovým výkonem $Q_C = 22,5$ kvar a kapacitou $C = 3 \times 123,75 \mu\text{F}$, dále jsou zde v sérii s kompenzačními statickými kondenzátory hradicí ochranné tlumivky, které mají indukčnost $L = 1,727$ mH. Jednotlivé parametry součástí, prvků a přístrojů kompenzačního rozváděče RC 2 jsou uvedeny v Tab. 8 až Tab. 13. Celkový kapacitní výkon kompenzačního rozváděče RC 2 je 157,5 kvar, což je znázorněno v Tab. 26.



Obr. 3: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení



Obr. 4: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – staré řešení

6.3. Nasazení síťového analyzátoru C.A 8336

Protože nemám příslušné elektrotechnické vzdělání podle vyhlášky č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice, tak technik firmy Elektromont Brno, akciová společnost nasadil na přívodní svorky kompenzačních rozváděčů RC 1 a RC 2 síťové analyzátor C.A 8336. Na nich jsme nastavili záznam snímání po dobu tří dnů, abychom zaznamenali všechny možné stavy v této řešené elektrické síti a cykly strojů. Síťový analyzátor C.A 8336 je schopný provádět záznamy průběhů parametrů elektrické energie dle ČSN EN 50160 ed. 3.

6.4. Provedená měření

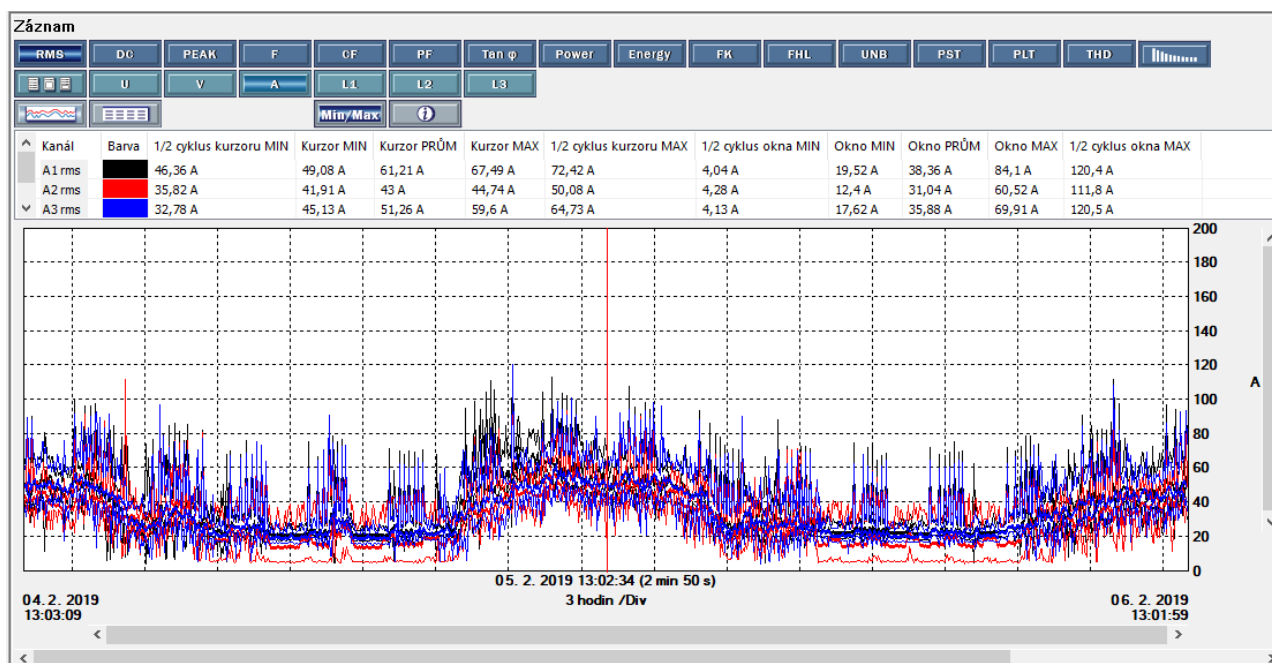
A) Výpočty provedené pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1

1. Výpočet proudu podle Obr. 5 tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům

$$I = \frac{I_{1p} + I_{2p} + I_{3p}}{3} = \frac{38,36 + 31,04 + 35,88}{3} = 35,09 \text{ A} \quad (6.20)$$

2. Výpočet proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T1

$$i = \frac{I}{I_N} \cdot 100 = \frac{35,09}{630} \cdot 100 = 5,57 \% \quad (6.21)$$



Obr. 5: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1

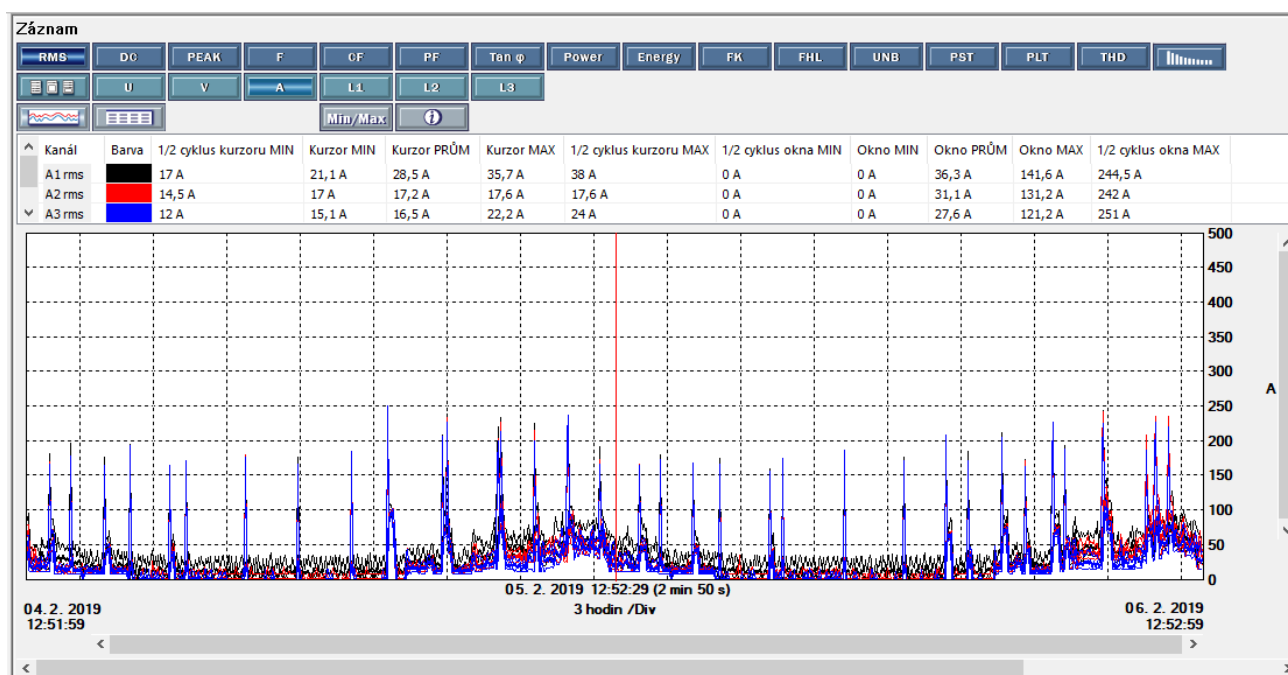
B) Výpočty provedené pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2

1. Výpočet proudu podle Obr. 6 tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům

$$I = \frac{I_{1p} + I_{2p} + I_{3p}}{3} = \frac{36,3 + 31,1 + 27,6}{3} = 31,67 \text{ A} \quad (6.22)$$

2. Výpočet proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T2

$$i = \frac{I}{I_N} \cdot 100 = \frac{31,67}{630} \cdot 100 = 5,03 \% \quad (6.23)$$



Obr. 6: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2

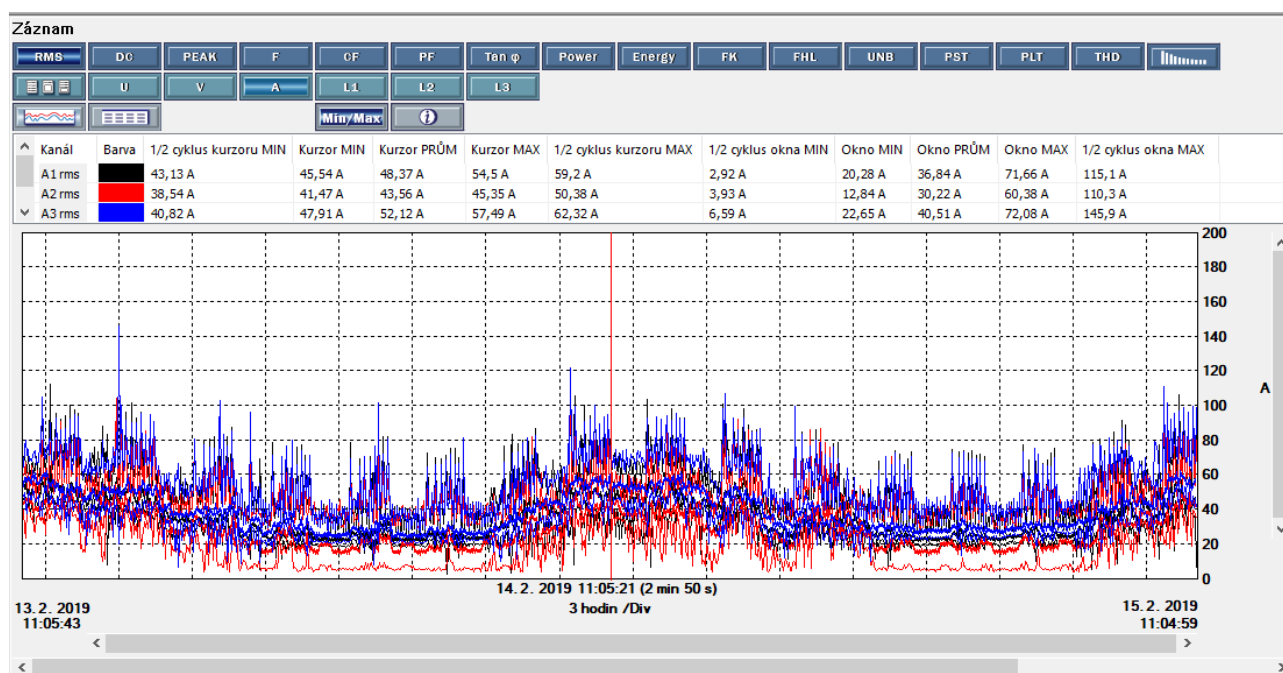
C) Výpočty provedené pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů – staré řešení

1. Výpočet proudu podle Obr. 7 tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům

$$I = \frac{I_{1p} + I_{2p} + I_{3p}}{3} = \frac{36,84 + 30,22 + 40,51}{3} = 53,79 \text{ A} \quad (6.24)$$

2. Výpočet proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T1

$$i = \frac{I}{I_N} \cdot 100 = \frac{53,79}{630} \cdot 100 = 8,54 \% \quad (6.25)$$



Obr. 7: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T1 přes hlavní rozváděč RH 1 až k jednotlivým odběrným místům pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů - staré řešení

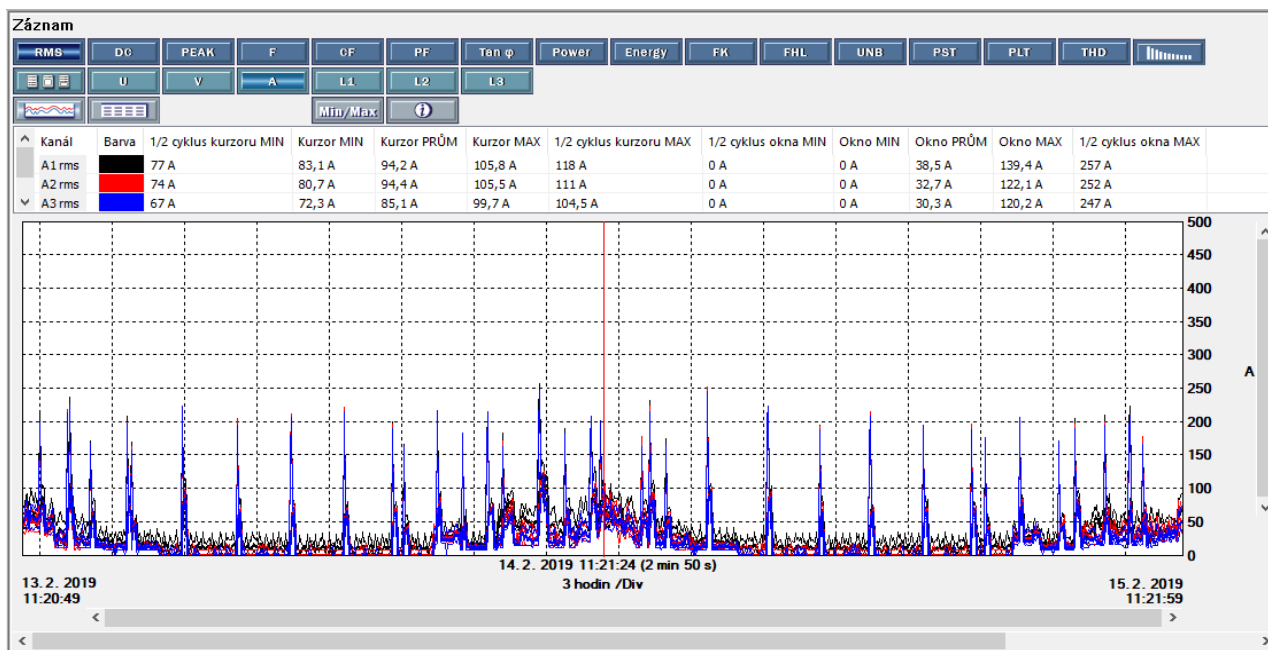
D) Výpočty provedené pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů – staré řešení

1. Výpočet proudu podle Obr. 8 tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům

$$I = \frac{I_{1p} + I_{2p} + I_{3p}}{3} = \frac{38,5 + 32,7 + 30,3}{3} = 33,83 \text{ A} \quad (6.26)$$

2. Výpočet proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T2

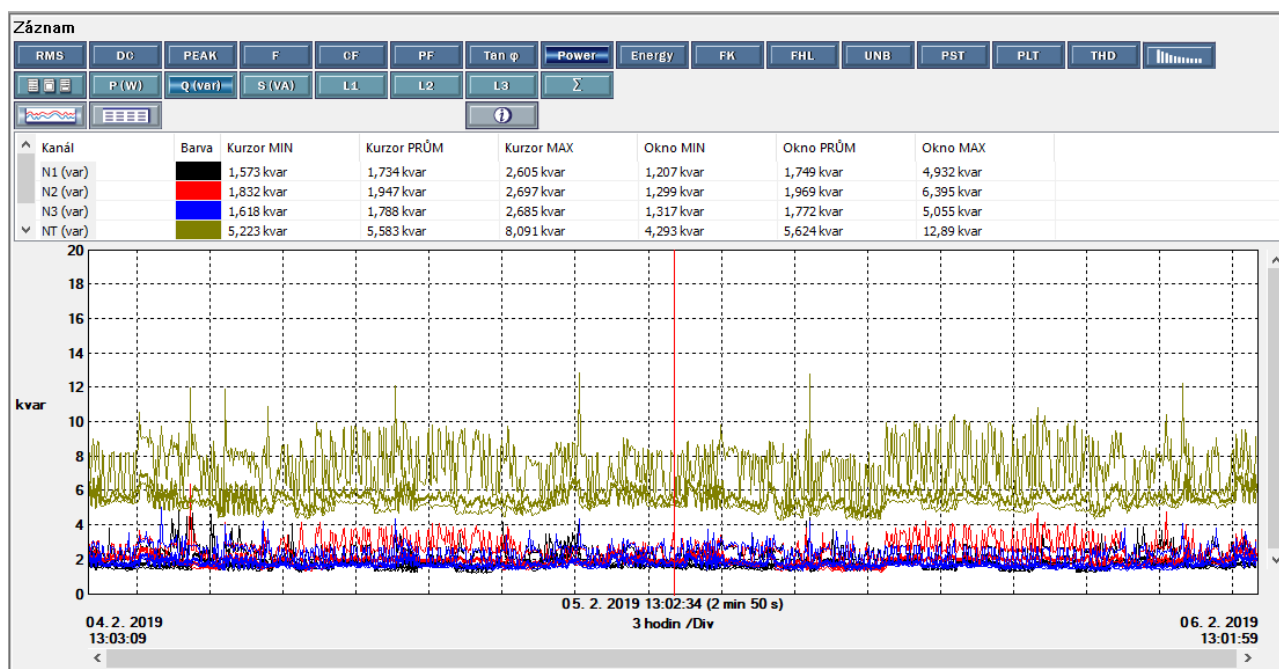
$$i = \frac{I}{I_N} \cdot 100 = \frac{33,83}{630} \cdot 100 = 5,37 \% \quad (6.27)$$



Obr. 8: Průběhy proudů a naměřené hodnoty proudů pro jednotlivé fáze a určení proudu I tekoucího od distribučního transformátoru T2 přes hlavní rozváděč RH 2 až k jednotlivým odběrným místům pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů - staré řešení

E) Výpočet provedený pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1 - výpočet požadovaného jalového kapacitního výkonu podle Obr. 9, který je třeba dodat do sítě

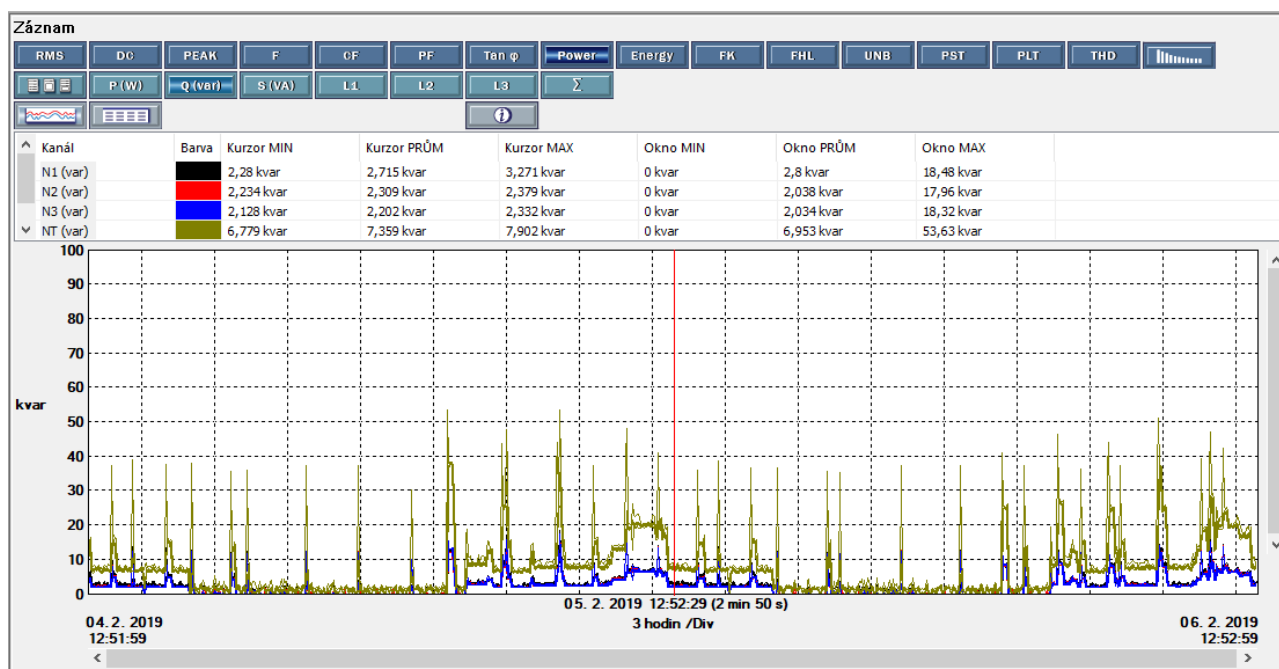
$$Q = Q_{1p} + Q_{2p} + Q_{3p} = 1,749 + 1,939 + 1,772 = 5,624 \text{ kvar} \quad (6.28)$$



Obr. 9: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení požadovaného jalového kapacitního výkonu Q pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1

F) Výpočet provedený pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2 - výpočet požadovaného jalového kapacitního výkonu podle Obr. 10, který je třeba dodat do sítě

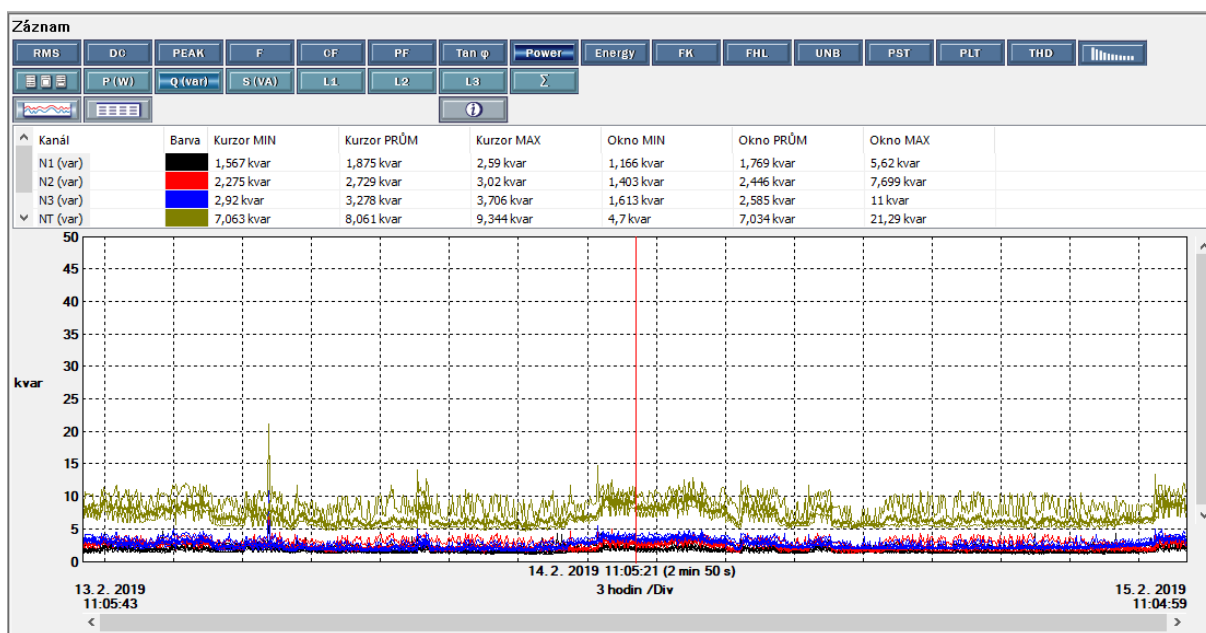
$$Q = Q_{1p} + Q_{2p} + Q_{3p} = 2,8 + 2,038 + 2,034 = 6,953 \text{ kvar} \quad (6.29)$$



Obr. 10: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení požadovaného jalového kapacitního výkonu Q pro měření sítě s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2

G) Výpočet provedený pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů – staré řešení - výpočet skutečného jalového kapacitního výkonu podle Obr. 11, který je dodáván do sítě

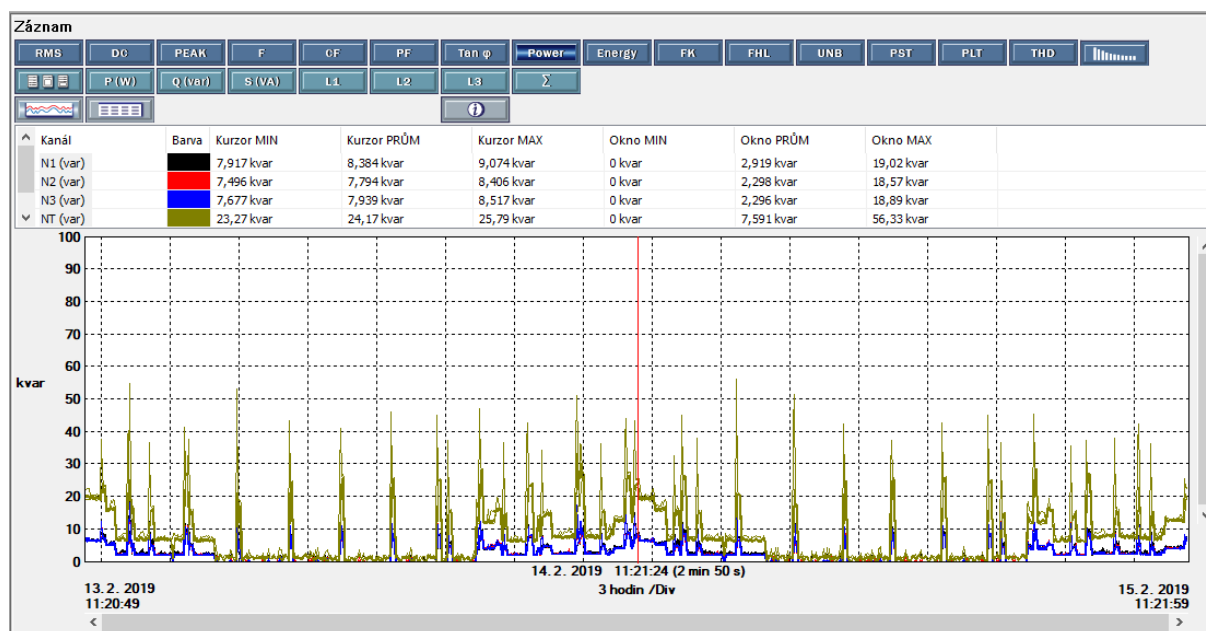
$$Q = Q_{1p} + Q_{2p} + Q_{3p} = 1,769 + 2,446 + 2,585 = 7,034 \text{ kvar} \quad (6.30)$$



Obr. 11: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení skutečného jalového kapacitního výkonu Q se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů - staré řešení

H) Výpočet provedený pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů – staré řešení - výpočet skutečného jalového kapacitního výkonu podle Obr. 12, který je dodáván do sítě

$$Q = Q_{1p} + Q_{2p} + Q_{3p} = 2,919 + 2,298 + 2,296 = 7,591 \text{ kvar} \quad (6.31)$$



Obr. 12: Průběhy jalových kapacitních výkonů a naměřené hodnoty jalových kapacitních výkonů pro jednotlivé fáze a určení skutečného jalového kapacitního výkonu Q se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů - staré řešení

6.5. Vyhodnocení měření

Při porovnání výpočtů provedených pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1 před úpravou stupňů ve starém řešení a výpočtů provedených pro měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1 je patrné, že při sepnutém kompenzačním zařízení došlo k navýšení proudu a proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T1 než v předchozím případě. V tomto režimu je průměrná hodnota proudu $I = 53,79 \text{ A}$ (viz. bod C, vzorec 6.24) za sledované období a průměrná hodnota proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru je $i = 8,54 \%$ (viz. bod C, vzorec 6.25) za sledované období. V případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1 nám vyšla průměrná hodnota proudu $I = 35,09 \text{ A}$ (viz. bod A, vzorec 6.20) a průměrná hodnota proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru je $i = 5,57 \%$ (viz. bod A, vzorec 6.21) za sledované období. Z rozdílu průměrných hodnot proudů je patrné, že dochází k překompenzování sítě.

Při porovnání výpočtů provedených pro měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2 před úpravou stupňů ve starém řešení a výpočtů provedených pro měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2 je patrné, že při sepnutém kompenzačním zařízení došlo k navýšení proudu a proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru T2 než v předchozím případě. V tomto režimu je průměrná hodnota proudu $I = 33,83 \text{ A}$ (viz. bod D, vzorec 6.26) za sledované období a průměrná hodnota proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru je $i = 5,37 \%$ (viz. bod D, vzorec 6.27) za sledované období. V případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2 nám vyšla průměrná hodnota proudu $I = 31,67 \text{ A}$ (viz. bod B, vzorec 6.22) a průměrná hodnota proudového (výkonového) využití distribučního transformátoru je $i = 5,03 \%$ (viz. bod B, vzorec 6.23) za sledované období. Z rozdílu průměrných hodnot proudů je patrné, že dochází k překompenzování sítě, ovšem ne zas až tak rapidně, jak v případě kompenzačního rozváděče RC 1.

V případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla průměrná hodnota 5,624 kvar (viz. bod E, vzorec 6.28). Znamená to, že kompenzační zařízení RC 1 musí být schopné dodávat do sítě v průměru, pokud možno co nejpresněji, tuto hodnotu za sledované období, aby byla splněna podmínka požadovaného nastaveného účinníku. Při měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 1, před úpravou stupňů ve starém řešení, je do sítě dodávána průměrná hodnota skutečného jalového kapacitního výkonu 7,034 kvar (viz. bod G, vzorec 6.30) za sledované období. Z rozdílu těchto hodnot nám vychází kapacitní jalový výkon 1,41 kvar (viz. bod E a G) a díky tomu dochází k překompenzování sítě. To má za následek, že skutečný účinník bude vyšší než původně požadovaný nastavený účinník a dojde k navýšení proudu o 18,7 A, což je vidět z analýzy proudů (viz. bod A a C). Z důvodu technické neproveditelnosti nemohla být provedena analýza kapacitních jalových výkonů při dvou rozdílných stavech na jednom kompenzačním zařízení RC 1 ve stejný čas. Srovnáním *Obr. 9* s *Obr. 11* je patrné, že měření bylo provedeno po týdnu. Z důvodu rozdílného zatížení při provádění analýzy v jiné dny tyto hodnoty nejsou přesné, ale chyba nebude příliš velká a pro naše účely můžeme vycházet z těchto hodnot a považovat je za směrodatné.

V případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla průměrná hodnota 6,953 kvar (viz. bod F, vzorec 6.29). Znamená to, že kompenzační zařízení RC 2 musí být schopné dodávat do sítě v průměru, pokud možno co nejpresněji, tuto hodnotu za sledované období, aby byla splněna podmínka požadovaného nastaveného účinníku. Při měření se sepnutým kompenzačním zařízením RC 2, před úpravou stupňů ve starém řešení, je do sítě dodávána průměrná hodnota skutečného jalového kapacitního výkonu 7,591 kvar (viz. bod H, vzorec 6.31) za sledované období. Z rozdílu těchto průměrných hodnot nám vychází kapacitní jalový výkon 0,638 kvar (viz. bod F a H) a díky tomu dochází k překompenzování sítě, ale v porovnání s kompenzačním rozváděčem RC 1 ne zas až tak rapidně. To má za následek, že skutečný účinník bude vyšší než původně požadovaný nastavený účinník a dojde k navýšení proudu o 2,16 A, což je vidět z analýzy proudů (viz. bod B a D). Z důvodu technické neproveditelnosti nemohla být provedena analýza kapacitních jalových výkonů při dvou rozdílných stavech na jednom kompenzačním zařízení RC 2 ve stejný čas. Srovnáním *Obr. 10* s *Obr. 12* je patrné, že měření bylo provedeno po týdnu. Z důvodu rozdílného zatížení při provádění analýzy v jiné dny tyto hodnoty nejsou přesné, ale chyba nebude příliš velká a pro naše účely můžeme vycházet z těchto hodnot a považovat je za směrodatné.

6.6. Popis stavu po úpravě stupňů pro nové řešení

Požadavek investora byl ponechat stávající klasické kontaktní stykačové spínané kompenzační kondenzátory a jen upravit hodnoty kapacitních jalových výkonů a kapacit u jednotlivých stupňů. Zvolil jsem tedy stupně z katalogů tak, aby požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon, který síť vyžadovala a který má být dodán do sítě, aby byl splněn požadovaný účinník sítě, tak aby byl ve skutečnosti dodáván do sítě přibližně stejný kapacitní jalový výkon.

6.7. Návrh nového řešení

Vycházejme teď z *Obr. 9*, kde v případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla průměrná hodnota 5,624 kvar (viz. bod E, vzorec 6.28). Znamená to, že kompenzační zařízení RC 1 musí být schopné dodávat do sítě v průměru, pokud možno co nejpřesněji, tuto hodnotu za sledované období, aby byla splněna podmínka požadovaného nastaveného účinníku. Zaměříme se tentokrát na *Obr. 13* a *Obr. 14*. Pro splnění požadavku na dodání jalového kapacitního výkonu do sítě 5,624 kvar (viz. bod E, vzorec 6.28) se nám sepnou stykače KM1 s kapacitním jalovým výkonem 0,5 kvar, KM2 s kapacitním jalovým výkonem 1 kvar a KM3 s kapacitním jalovým výkonem 4 kvar. Ve výsledku nám součet těchto prvních tří sepnutých stupňů dává hodnotu 5,5 kvar. To znamená, že skutečný kompenzační kapacitní jalový výkon je přibližně stejný (o 0,124 kvar nižší) než požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon. V tomto případě bude síť dokompenzovaná správně. Z *Obr. 9* je dále patrné, že pro případ, kdy probíhalo měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 1, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla během sledovaného období v jednom okamžiku časového intervalu maximální hodnota 12,89 kvar (viz. bod E). Zaměříme se opět na *Obr. 13* a *Obr. 14*. Pro splnění požadavku na dodání jalového kapacitního výkonu do sítě 12,89 kvar (viz. bod E) se nám sepnou stykače KM1 s kapacitním jalovým výkonem 0,5 kvar, KM2 s kapacitním jalovým výkonem 1 kvar, KM3 s kapacitním jalovým výkonem 4 kvar a KM4 s kapacitním jalovým výkonem 6,25 kvar. Ve výsledku nám součet těchto prvních čtyřech sepnutých stupňů dává hodnotu 11,75 kvar. To znamená, že skutečný kompenzační kapacitní jalový výkon je o 1,14 kvar nižší než požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon. V tomto případě bude síť nedokompenzovaná, ale v porovnání se starým řešením na tom bude mnohonásobně lépe.

Nyní zde uvedu, jak jsem postupoval pro návrh jednotlivých prvků kompenzačních rozváděčů. V první řadě ji provedu pro nové řešení kompenzačního rozváděče RC 1.

Nové řešení kompenzačního rozváděče RC 1:

Protože výsledky výpočtů sériové rezonanční frekvence, řádu harmonické a činitele zatlumení jsou vždy stejné, tak je nebudu znovu uvádět. Byly vypočteny u řešení problematiky starého řešení kompenzačního rozváděče RC 1. Jedná se o vztahy 6.1, 6.2 a 6.3.

Nyní bude následovat výpočet jednotlivých veličin a parametrů pro jednotlivé stupně kompenzačních kondenzátorů a hradicích ochranných tlumivek.

1. stupeň:

Výpočty pro 0,5 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 0,5 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.32)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{0,5}{1 - \frac{7}{100}} = 0,47 \text{ kvar} \quad (6.33)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{500} = 369,99 \, \Omega \quad (6.34)$$

Výpočet indukční reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 369,99 = 25,9 \, \Omega \quad (6.35)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 369,99} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 369,99} = 8,603 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 8,603 \, \mu\text{F} \quad (6.36)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{25,9}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{25,9}{100 \cdot \pi} = 82,44 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 82,44 \text{ mH} \quad (6.37)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{470}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0,68 \text{ A} \quad (6.38)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 0,68 = 1,36 \text{ A} \quad (6.39)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 2 A gG.

2. stupeň:

Výpočty pro 1 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 1 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.40)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{1}{1 - \frac{7}{100}} = 0,93 \text{ kvar} \quad (6.41)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{1 \cdot 10^3} = 185 \Omega \quad (6.42)$$

Výpočet indukční reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 185 = 12,95 \Omega \quad (6.43)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 185} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 185} = 1,721 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 17,21 \mu\text{F} \quad (6.44)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{12,95}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{12,95}{100 \cdot \pi} = 41,22 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 41,22 \text{ mH} \quad (6.45)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{930}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1,34 \text{ A} \quad (6.46)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 1,34 = 2,68 \text{ A} \quad (6.47)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 4 A gG.

3. stupeň:

Výpočty pro 4 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 4 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.48)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{4}{1 - \frac{7}{100}} = 3,72 \text{ kvar} \quad (6.49)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{4 \cdot 10^3} = 46,25 \Omega \quad (6.50)$$

Výpočet indukční reaktance hradící ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 46,25 = 3,24 \Omega \quad (6.51)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 46,25} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 46,25} = 6,882 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 68,82 \mu\text{F} \quad (6.52)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{3,24}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{3,24}{100 \cdot \pi} = 10,31 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 10,31 \text{ mH} \quad (6.53)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{3,72 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 5,37 \text{ A} \quad (6.54)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 5,37 = 10,74 \text{ A} \quad (6.55)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 16 A gG.

4. stupeň:

Výpočty pro 6,25 kvar:

Výpočty byly provedeny u řešení problematiky starého kompenzačního rozváděče RC 1, a proto už je nebudu uvádět znovu, protože se jedná o stejné hodnoty.

5. stupeň:

Výpočty pro 33,3 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 33,3 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.56)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{33,3}{1 - \frac{7}{100}} = 30,97 \text{ kvar} \quad (6.57)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{33,3 \cdot 10^3} = 5,56 \Omega \quad (6.58)$$

Výpočet indukční reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 5,56 = 0,39 \, \Omega \quad (6.59)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 5,56} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 5,56} = 5,725 \cdot 10^{-4} \, \text{F} = 572,5 \, \mu\text{F} \quad (6.60)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,39}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{0,39}{100 \cdot \pi} = 1,24 \cdot 10^{-3} \, \text{H} = 1,24 \, \text{mH} \quad (6.61)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{30,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 44,7 \, \text{A} \quad (6.62)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 44,7 = 89,4 \, \text{A} \quad (6.63)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 100 A gG.

Tab. 14: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro nové řešení [8] [9]

Stupeň	Kompenzační kondenzátory					
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C (kvar)	Proud I_N (A)	Kapacita C_N (μF)	Napětí U_C (V)
1.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/0,5	0,5	0,65	3 x 2,75	440
2.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/1	1	1,3	3 x 5,5	440
3.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/4	4	5,2	3 x 21,9	440
4.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
5.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/33,3-HD	33,3	43,7	3 x 183	440

Tab. 15: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro nové řešení [8] [13] [16]

Stupeň	Hradicí ochranné tlumivky									
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Výkon Q_{LC}	Indukčnost L_N	Kapacita C_N	Proud I_N	Napětí U_N	Napětí U_C	Činitel zatlumení p
			(kvar)	(kvar)	(mH)	(μ F)	(A)	(V)	(V)	(%)
1.	ZEZ SILKO	TKC1-00,5-189/400/440	0,5	0,445	86,2	2,75	0,65	400	440	7
2.	KBH ENERGY	VINDEX II 00,90/400-7-01,00/440	1	0,9	43,14	5,5	1,3	400	440	7
3.	ZEZ SILKO	TKC1-04-189/400/440	4	3,56	10,8	21,9	5,1	400	440	7
4.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
5.	ZEZ SILKO	TKA1-35-189/400/440	35	31,1	1,23	191,8	44,9	400	440	7

Tab. 16: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro nové řešení [8]

Stupeň	Kondenzátorové stykače				
	Výrobce	Typ	Výkon Q_N	Napětí U_N	Proud I_N
			(kvar)	(V)	(A)
1.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
2.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
3.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
4.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
5.	ZEZ SILKO	CC 40 N 01	40	400 - 440	58

Tab. 17: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC I pro nové řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové odpínače					
	Výrobce	Typ	Pracovní napětí U_e	Pracovní proud I_e	Velikost pojistkové vložky	Stupeň krytí
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
2.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
3.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
4.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
5.	KBH ENERGY	FSD22/3	690	100	22x58	IP20

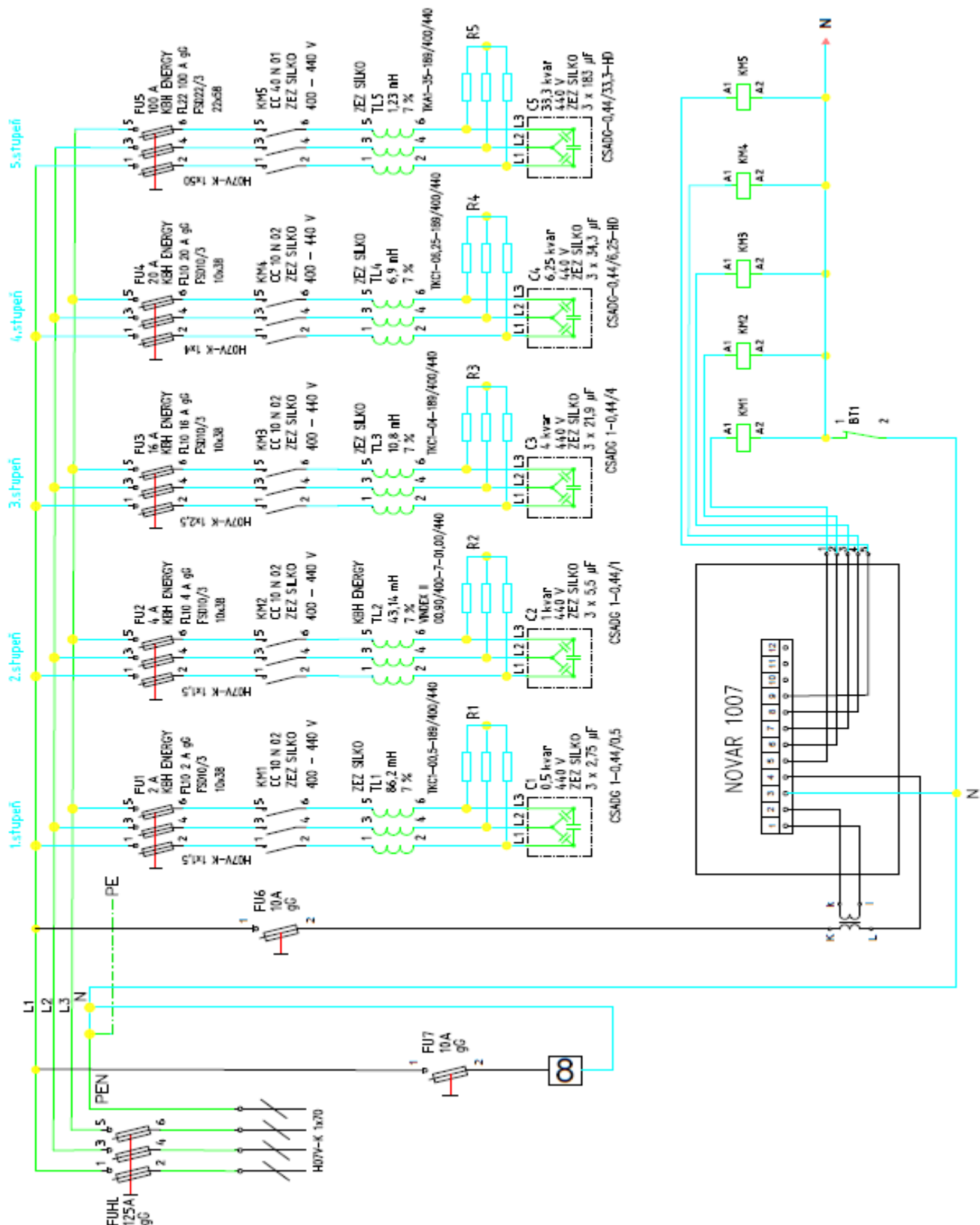
Tab. 18: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové vložky					
	Výrobce	Typ	Jmenovité napětí U_N	Jmenovitý proud I_n	Velikost pojistkové vložky	Charakteristika
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FL10 2 A gG	500	2	10x38	gG
2.	KBH ENERGY	FL10 4 A gG	500	4	10x38	gG
3.	KBH ENERGY	FL10 16 A gG	500	16	10x38	gG
4.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
5.	KBH ENERGY	FL22 100 A gG	500	100	22x58	gG

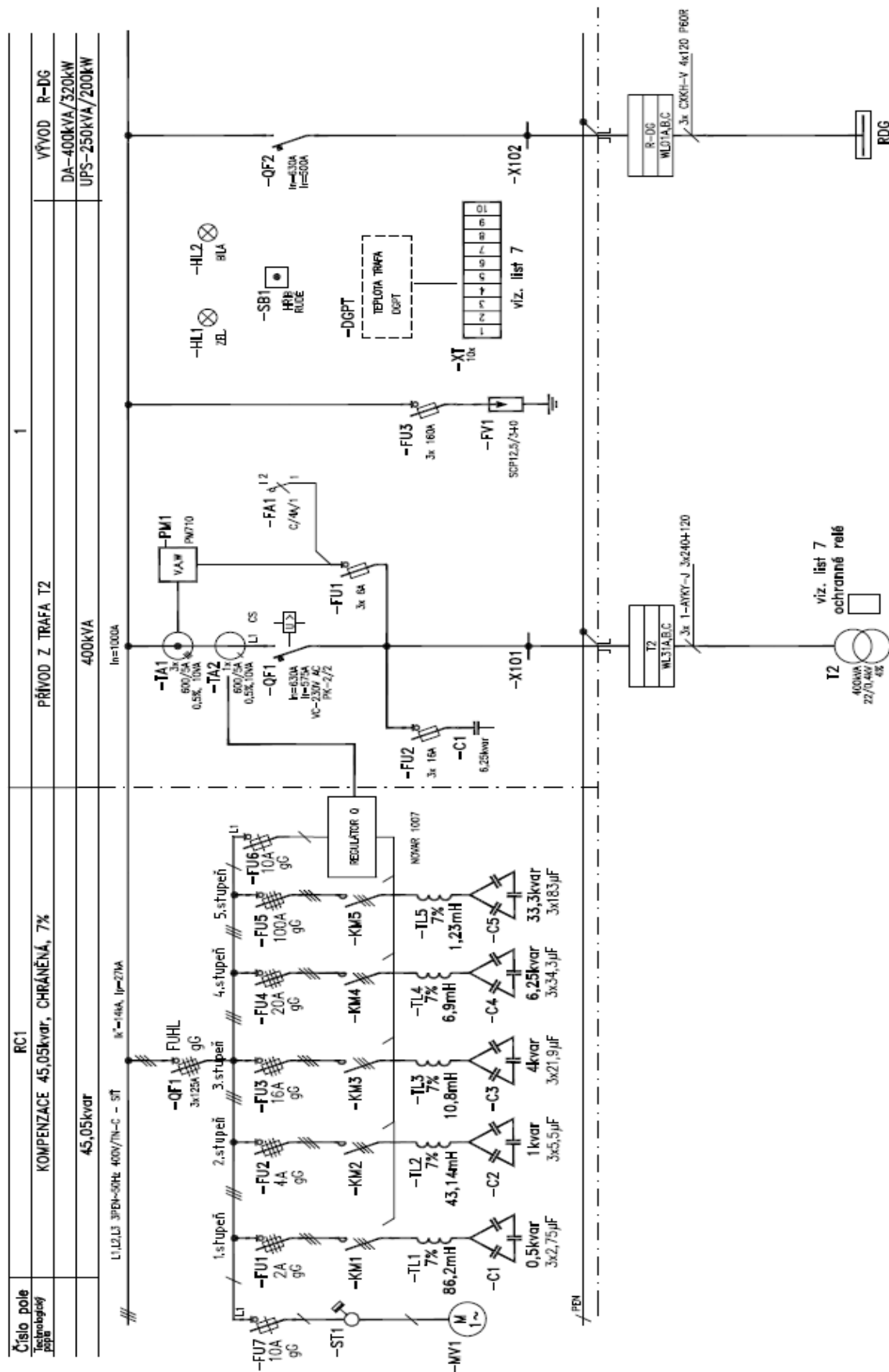
Tab. 19: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 1 pro nové řešení [10]

Stupeň	Vodiče							
	Výrobce	Typ vodiče	Jmenovitý průřez	Proudová zatížitelnost	Maximální průměr vodiče d	Maximální činný odpor R_k	Jmenovité napětí	Zkušební napětí
			(mm ²)	(A)	(mm)	(Ω/km)	(V)	(kV)
1.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	1,5	24	3,3	13,3	450/750	2,5
2.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	1,5	24	3,3	13,3	450/750	2,5
3.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	2,5	33	3,9	7,98	450/750	2,5
4.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
5.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	50	226	12	0,386	450/750	2,5

Na výkresech na Obr. 13 a Obr. 14 se jedná o kompenzační rozváděč RC 1 pro nové řešení po úpravě stupňů, které jsem navrhoval. Zde se nachází řízená jednotka regulátoru jalového výkonu NOVAR 1007, která umožňuje napojení až pro 8 kompenzačních stupňů. V našem případě bylo využito jen 5 kompenzačních stupňů. Jednotlivé parametry součástí, prvků a přístrojů kompenzačního rozváděče RC 1 jsou uvedeny v Tab. 14 až Tab. 19. Celkový kapacitní výkon kompenzačního rozváděče RC 1 je 45,05 kvar, což je znázorněno v Tab. 26.



Obr. 13: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC I zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení



Obr. 14: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 1 zakreslený jednopólově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení

Vycházejme teď z *Obr. 10*, kde v případě měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla průměrná hodnota 6,953 kvar (viz. bod F, vzorec 6.29). Znamená to, že kompenzační zařízení RC 2 musí být schopné dodávat do sítě v průměru, pokud možno co nejpřesněji, tuto hodnotu za sledované období, aby byla splněna podmínka požadovaného nastaveného účinníku. Zaměříme se na *Obr. 15* a *Obr. 16*. Pro splnění požadavku na dodání jalového kapacitního výkonu do sítě 6,953 kvar (viz. bod F, vzorec 6.29) se nám sepnou stykače KM1 s kapacitním jalovým výkonem 0,5 kvar a KM4 s kapacitním jalovým výkonem 6,25 kvar. Ve výsledku nám součet těchto dvou sepnutých stupňů dává hodnotu 6,75 kvar. To znamená, že skutečný kompenzační kapacitní jalový výkon je přibližně stejný (o 0,203 kvar nižší) než požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon. V tomto případě bude síť nedokompenzovaná, ale v porovnání se starým řešením na tom bude mnohonásobně lépe. Z *Obr. 10* je dále patrné, že pro případ, kdy probíhalo měření s vypnutým kompenzačním zařízením RC 2, kdy byla měřena pouze síť a její požadavek na dodání jalového kapacitního výkonu, nám vyšla během sledovaného období v jednom okamžiku časového intervalu maximální hodnota 53,63 kvar (viz. bod F). Zaměříme se opět na *Obr. 15* a *Obr. 16*. Pro splnění požadavku na dodání jalového kapacitního výkonu do sítě 53,63 kvar (viz. bod F) se nám sepnou stykače KM3 s kapacitním jalovým výkonem 4 kvar, KM5 s kapacitním jalovým výkonem 16,5 kvar a KM6 s kapacitním jalovým výkonem 33,3 kvar. Ve výsledku nám součet těchto tří sepnutých stupňů dává hodnotu 53,8 kvar. To znamená, že skutečný kompenzační kapacitní jalový výkon je o 0,17 kvar vyšší než požadovaný kompenzační kapacitní jalový výkon. V tomto případě bude síť nepatrně překompenzovaná, ale v porovnání se starým řešením na tom bude mnohonásobně lépe.

Dále zde nyní uvedu, jak jsem postupoval pro návrh jednotlivých prvků nového řešení kompenzačního rozváděče RC 2.

Nové řešení kompenzačního rozváděče RC 2:

Protože výsledky výpočtů sériové rezonanční frekvence, řádu harmonické a činitele zatlumení jsou vždy stejné, tak je nebudu znovu uvádět. Byly vypočteny u řešení problematiky starého řešení kompenzačního rozváděče RC 1. Jedná se o vztahy 6.1, 6.2 a 6.3.

Nyní bude následovat výpočet jednotlivých veličin a parametrů pouze pro 5. stupeň, protože ostatní jednotlivé stupně byly již vypočteny v novém řešení kompenzačního rozváděče RC 1 a výsledky jsou totožné. Nemá tedy smysl je znovu uvádět.

5. stupeň:

Výpočty pro 16,5 kvar: [8] [14] [15]

$$Q_c = 16,5 \text{ kvar}$$

Výpočet skutečného jmenovitého napětí na kompenzačním kondenzátoru: [8]

$$U_c = \frac{U_n}{1 - \frac{p}{100}} = \frac{400}{1 - \frac{7}{100}} = 430,11 \text{ V} \quad (6.64)$$

Výpočet skutečného jalového výkonu obvodu LC: [14]

$$Q_{LC} = \left(\frac{U_n}{U_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_c}{1 - \frac{p}{100}} = \left(\frac{400}{430,11} \right)^2 \cdot \frac{16,5}{1 - \frac{7}{100}} = 15,35 \text{ kvar} \quad (6.65)$$

Výpočet kapacitní reaktance kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = \frac{430,11^2}{16,5 \cdot 10^3} = 11,21 \, \Omega \quad (6.66)$$

Výpočet indukční reaktance hradicí ochranné tlumivky: [8] [14] [15]

$$X_L = \frac{p}{100} \cdot X_c = \frac{7}{100} \cdot 11,21 = 0,79 \, \Omega \quad (6.67)$$

Výpočet kapacity kompenzačního kondenzátoru: [15]

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 11,21} = \frac{1}{100 \cdot \pi \cdot 11,21} = 2,8395 \cdot 10^{-4} \text{ F} = 283,95 \, \mu\text{F} \quad (6.68)$$

Výpočet indukčnosti hradicí ochranné tlumivky: [15]

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,79}{2 \cdot \pi \cdot 50} = \frac{0,79}{100 \cdot \pi} = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 2,52 \text{ mH} \quad (6.69)$$

Výpočet výsledného jmenovitého proudu obvodu LC: [14]

$$I_{LC} = \frac{Q_{LC}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{15,35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 22,16 \text{ A} \quad (6.70)$$

Výpočet maximálního přípustného proudu kompenzačního kondenzátoru (minimálního jmenovitého proudu pojistky): [8]

$$I = 2 \cdot I_{LC} = 2 \cdot 22,16 = 44,32 \text{ A} \quad (6.71)$$

Pro jištění kondenzátoru budeme potřebovat pojistky o velikosti 50 A gG.

Tab. 20: Zvolené kompenzační kondenzátory pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [8] [9]

Stupeň	Kompenzační kondenzátory					
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Proud I_N	Kapacita C_N	Napětí U_C
			(kvar)	(A)	(μ F)	(V)
1.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/0,5	0,5	0,65	3 x 2,75	440
2.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/1	1	1,3	3 x 5,5	440
3.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/4	4	5,2	3 x 21,9	440
4.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/6,25-HD	6,25	8,2	3 x 34,3	440
5.	ZEZ SILKO	CSADG 1-0,44/16,5	16,5	21,7	3 x 90,4	440
6.	ZEZ SILKO	CSADG-0,44/33,3-HD	33,3	43,7	3 x 183	440

Tab. 21: Zvolené hradicí ochranné tlumivky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [8] [13] [16]

Stupeň	Hradicí ochranné tlumivky									
	Výrobce	Typ	Výkon Q_C	Výkon Q_{LC}	Indukčnost L_N	Kapacita C_N	Proud I_N	Napětí U_N	Napětí U_C	Činitel zatlumení p
			(kvar)	(kvar)	(mH)	(μ F)	(A)	(V)	(V)	(%)
1.	ZEZ SILKO	TKC1-00,5-189/400/440	0,5	0,445	86,2	2,75	0,65	400	440	7
2.	KBH ENERGY	VINDEX II 00,90/400-7-01,00/440	1	0,9	43,14	5,5	1,3	400	440	7
3.	ZEZ SILKO	TKC1-04-189/400/440	4	3,56	10,8	21,9	5,1	400	440	7
4.	ZEZ SILKO	TKC1-06,25-189/400/440	6,25	5,6	6,9	34,3	8	400	440	7
5.	ZEZ SILKO	TKC1-16,5-189/400/440	16,5	14,66	2,592	106,9	21,2	400	440	7
6.	ZEZ SILKO	TKA1-35-189/400/440	35	31,1	1,23	191,8	44,9	400	440	7

Tab. 22: Zvolené kondenzátorové stykače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [8]

Stupeň	Kondenzátorové stykače				
	Výrobce	Typ	Výkon Q_N	Napětí U_N	Proud I_N
			(kvar)	(V)	(A)
1.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
2.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
3.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
4.	ZEZ SILKO	CC 10 N 02	10	400 - 440	14
5.	ZEZ SILKO	CC 20 N 01	20	400 - 440	29
6.	ZEZ SILKO	CC 40 N 01	40	400 - 440	58

Tab. 23: Zvolené válcové pojistkové odpínače pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové odpínače					
	Výrobce	Typ	Pracovní napětí U_e	Pracovní proud I_e	Velikost pojistkové vložky	Stupeň krytí
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
2.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
3.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
4.	KBH ENERGY	FSD10/3	500	32	10x38	IP20
5.	KBH ENERGY	FSD14/3	690	63	14x51	IP20
6.	KBH ENERGY	FSD22/3	690	100	22x58	IP20

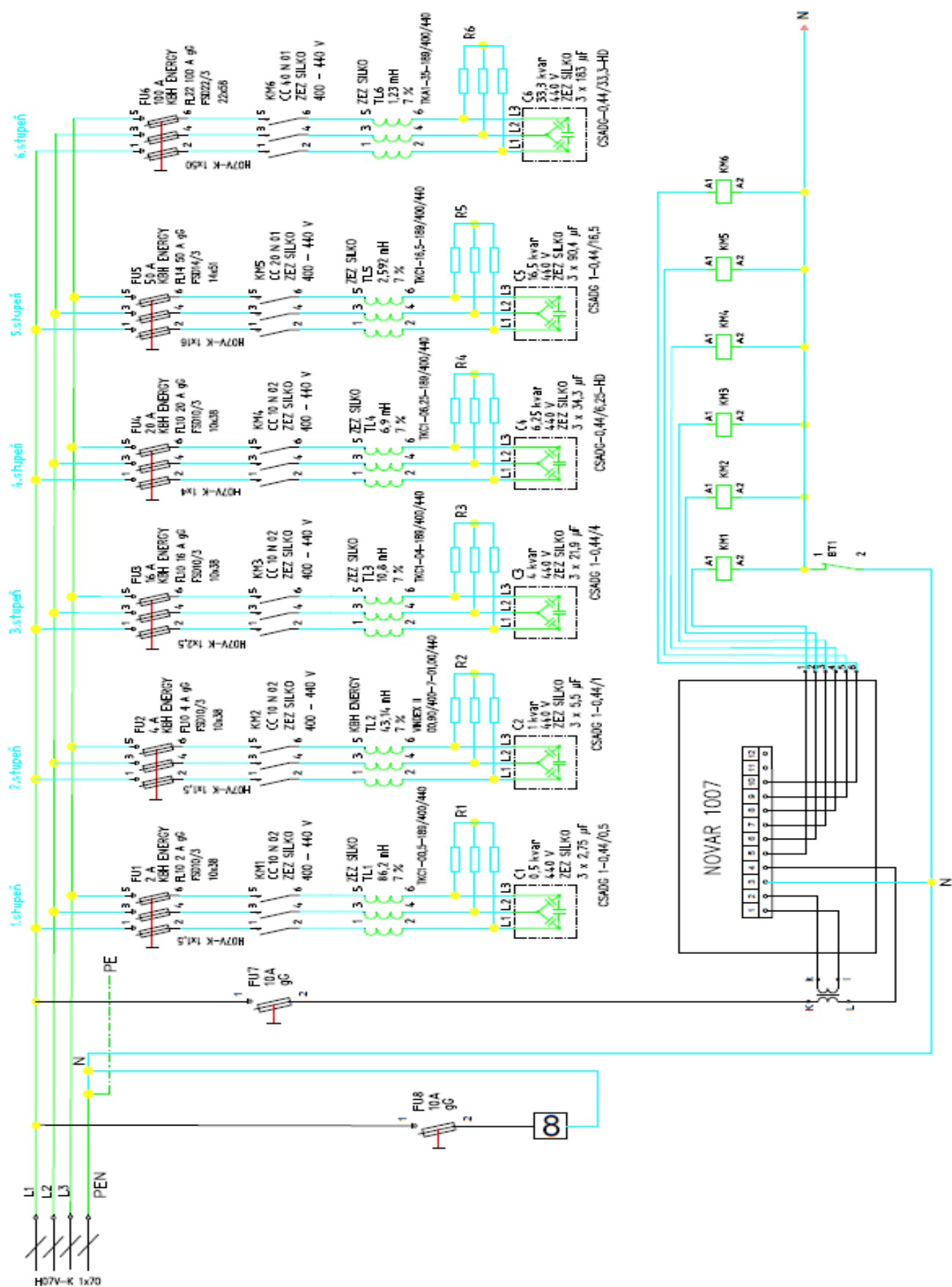
Tab. 24: Zvolené válcové pojistkové vložky pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [11]

Stupeň	Válcové pojistkové vložky					
	Výrobce	Typ	Jmenovité napětí U_N	Jmenovitý proud I_n	Velikost pojistkové vložky	Charakteristika
			(V)	(A)	(mm)	-
1.	KBH ENERGY	FL10 2 A gG	500	2	10x38	gG
2.	KBH ENERGY	FL10 4 A gG	500	4	10x38	gG
3.	KBH ENERGY	FL10 16 A gG	500	16	10x38	gG
4.	KBH ENERGY	FL10 20 A gG	500	20	10x38	gG
5.	KBH ENERGY	FL14 50 A gG	500	50	14x51	gG
6.	KBH ENERGY	FL22 100 A gG	500	100	22x58	gG

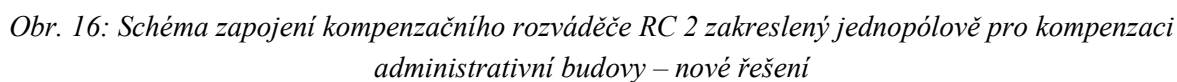
Tab. 25: Zvolené vodiče a jejich průřezy pro jednotlivé stupně kompenzačního rozváděče RC 2 pro nové řešení [10]

Stupeň	Vodiče							
	Výrobce	Typ vodiče	Jmenovitý průřez	Proudová zatížitelnost	Maximální průměr vodiče d	Maximální činný odpor R_k	Jmenovité napětí	Zkušební napětí
			(mm ²)	(A)	(mm)	(Ω/km)	(V)	(kV)
1.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	1,5	24	3,3	13,3	450/750	2,5
2.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	1,5	24	3,3	13,3	450/750	2,5
3.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	2,5	33	3,9	7,98	450/750	2,5
4.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	4	44	4,4	4,95	450/750	2,5
5.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	16	107	7,3	1,21	450/750	2,5
6.	Draka kabely	H07V-K (CYA)	50	226	12	0,386	450/750	2,5

Na výkresech na *Obr. 15* a *Obr. 16* se jedná o kompenzační rozváděč RC 2 pro nové řešení po úpravě stupňů, které jsem navrhoval. Zde se nachází řízená jednotka regulátoru jalového výkonu NOVAR 1007, která umožňuje napojení až pro 8 kompenzačních stupňů. V našem případě bylo využito jen 6 kompenzačních stupňů. Jednotlivé parametry součástí, prvků a přístrojů kompenzačního rozváděče RC 2 jsou uvedeny v *Tab. 20* až *Tab. 25*. Celkový kapacitní výkon kompenzačního rozváděče RC 2 je 61,55 kvar, což je znázorněno v *Tab. 26*.



Obr. 15: Schéma zapojení kompenzačního rozváděče RC 2 zakreslený trojfázově pro kompenzaci administrativní budovy – nové řešení



Tento můj nově provedený návrh kompenzačních zařízení jednotlivých stupňů u RC 1 a RC 2 byl předložen vedoucímu projekce a obchodnímu oddělení a čeká se, zda-li toto navrhované řešení přijmou či nikoli.

Tab. 26: Celkové hodnoty kapacitních jalových výkonů Q_C kompenzačních rozváděčů RC 1 a RC 2 pro staré a nové řešení

Kompenzační rozváděč	Celkový kapacitní jalový výkon Q_C (kvar)	
	Staré řešení	Nové řešení
RC 1	43,75	45,05
RC 2	157,5	61,55

d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe

Z teoretických znalostí, které jsem získal na střední škole, jsem nejvíc uplatnil pro tvorbu mého svěřeného úkolu této bakalářské práce učiva z předmětů, které se zabývaly kompenzací jalového výkonu (účinníku). Poprvé jsem se s ní setkal ve 2. ročníku v předmětu Základy elektrotechniky. Pak ve 3. ročníku v předmětu Elektroenergetika a ve 4. ročníku při vypracovávání ročníkové práce do Elektroenergetiky a v Elektrických strojích a přístrojích, kde jsme probírali synchronní stroje a kompenzaci pomocí synchronních motorů a synchronních kompenzátorů.

Z teoretických znalostí, které jsem získal na vysoké škole, jsem nejvíc uplatnil pro tvorbu mého svěřeného úkolu této bakalářské práce učiva z předmětů, které se zabývaly kompenzací jalového výkonu (účinníku). Tato problematika byla probírána po celou dobu bakalářského studia. Už v 1. ročníku jsem se s ní setkal v předmětech Teorie obvodů I a Elektroenergetika. Pak až ve 3. ročníku v předmětech Elektrické stroje II, Elektrárny, Přenos a rozvod elektrické energie a Provoz a řízení elektrizačních soustav.

Co se týká přímo odborné praxe ve firmě, tak jsem využil teoretických znalostí z Technické dokumentace a Projektování v elektrotechnice. Z předmětu Technická dokumentace jsem uplatnil znalosti z oblasti druhů výkresů, správného umístění popisových polí, skládání výkresů, používaných grafických značek na schématech a výkresech v elektrotechnice podle databáze IEC 60617DB. Díky předmětu Projektování v elektrotechnice jsem se začal vzdělávat, zajímat se a částečně i orientovat ve Stavebním zákoně a v základních stupních projektových dokumentací, které musí projektant znát a bez nich se neobejde. Akorát mě mrzí a je škoda, že tento předmět byl vyučován až v posledním 6. semestru bakalářského studia. Znalosti z tohoto předmětu by se mi hodily už od 5. semestru, kdy by odborná praxe s tímto předmětem šla souběžně a mohl bych získávat souvislosti s probíranou látkou ve škole a s praxí ve firmě.

e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe

Základní a dosti zásadní neznalostí byla práce v programu AutoCAD. S tímto programem jsem se během studijních let, jak na střední, tak i na vysoké škole, nikdy nesetkal. Na střední škole v předmětu Technická dokumentace jsem se setkal pouze s programem ProfiCAD. Podle mě by se měla výuka programu AutoCAD zařadit na vysoké škole buď do předmětu Technická dokumentace, nebo do Projektování v elektrotechnice, protože zaměstnavatelé projekčních firem tuto znalost jistě ocení. Ve firmě mi byl umožněn časový prostor pro seznámení se s ním. Pracovníci firmy mi pomáhali při případných dotazech vysvětlit a názorně ukázat, jak se vypořádat v určitých případech. Dávali mi cenné rady, jak efektivně a rychle si poradit při spoustě možných situací, které nastaly, abych ušetřil čas. Občas mě v tom nechali, abych se pokusil přijít na danou problematiku sám, protože tak si člověk rozhodně zapamatuje přesný algoritmus, jak postupovat. Když jsem však byl v koncích, tak mi nakonec ukázali, jak se to dělá správně. Od firmy jsem dostal s sebou domů příručku pro nastudování, kde byly základní instrukce a popisy, jak pracovat v AutoCADu. Dále jsem si stáhl do notebooku ze stránek společnosti AUTODESK studentskou verzi, která je pro studenty volně stažitelná a platí po dobu tří let, abych se v něm zdokonalil.

Dále jsem během vykonávání individuální odborné praxe objevil nepřeberné množství scházejících znalostí. Mezi ně patří např. to, co vše musí být obsaženo v dokladové části a výkresové dokumentaci. Nikdy předtím jsem na vlastní oči neviděl, jak vypadá revizní zpráva, stavební deník, prohlášení o vlastnostech, prohlášení o shodě, certifikáty výrobků, protokol o kusovém ověření rozváděče, technickou zprávu, protokol o určení vnějších vlivů a návrh umělého osvětlení prostorů a jaké náležitosti musí být splněny, aby byl daný dokument platný. Tyto pojmy dokumentů jsem znal spíše jen z probírané látky na školách a z doslechu. Sám jsem tyto dokumenty nevyhledával, neměl jsem důvod.

Další neznalostí pro mě bylo skládání výkresů. Díky názorným ukázkám od pracovníků firmy jsem postupně byl i já schopen skládat výkresy. Ukázali mi, jak si urychlit práci u určitých formátů výkresů.

Další mou scházející znalostí je neznalost norem. Samotní projektanti firmy však mají přístup k technickým normám. Platnost, zrušení nebo jeho náhradu si mohou ověřit ve volně dostupném softwaru Databáze ČSN, který je aktualizován jednou za měsíc.

f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Absolvování individuální odborné praxe jsem vykonával po dobu 50 dnů. Během této doby jsem měl tu možnost vyzkoušet si práci na pozici projektanta ve firmě Elektromont Brno, akciová společnost, což bylo pro mě velmi velkým přínosem a zkušeností. Během této doby jsem získal přehled o tom, jak tato firma funguje a jak je důležité a zásadní, aby mezi sebou kolegové komunikovali a vzájemně spolupracovali. Pouze v tomto případě může být výstupem kvalitní práce. Udělal jsem si celkový nadhled, co tato práce obnáší, jaké předpoklady musí mít člověk na tuto práci, co musí znát, v čem musí na sobě pracovat, aby se posouval dále a případně kariérně rostl. Po celou dobu jsem pracoval v kolektivu se zkušenými odborníky v projekci, kteří mi byli nápomocní, trpěliví a ochotní sdělit pro mě nové poznatky. Pouze v případě, kdy jsme prováděli analýzu administrativní budovy, tak jsem byl čtyřikrát v terénu, což bylo pro mě úplně něco jiného. Viděl jsem na vlastní oči jednotlivá kompenzační zařízení, u kterých jsem následně prováděl nový návrh stupňů. Nebylo to aspoň jen a pouze suché projektování, ale bylo podloženo i praxí. Seznámil jsem se s tvorbou projektové dokumentace a zdokonalil jsem se v projektování v programu AutoCAD.

Bakalářská práce provedená formou individuální odborné praxe ve firmě byla dobrou volbou, jelikož jsem načerpal spoustu informací, které jsem doposud ani nevěděl. Určitě se mi nově získané informace, znalosti a dovednosti budou hodit pro případné další pokračování na navazujícím magisterském studiu a po škole v profesní sféře. Celkově můžu tuto individuální odbornou praxi ve firmě Elektromont Brno, akciová společnost hodnotit pozitivně a s čistým srdcem ji můžu jen doporučit pro případné další studenty, kteří by se chtěli rozhodovat mezi teoretickou a praktickou bakalářskou prací.

7. Literatura

- [1] ELEKTROMONT a.s. . *ELEKTROMONT a.s.* [online]. Dostupné z: <http://www.elektromont.cz>
- [2] *Fáze projektové dokumentace pro silnoprůdové rozvody* [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/3917-faze-projektove-dokumentace-pro-silnoprude-rozvody>
- [3] 50/1978 Sb. Vyhláška o odborné způsobilosti v elektrotechnice. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 29.04.2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1978-50>
- [4] Rozdělení paragrafů dle vyhlášky 50/1978 Sb. - kvalifikace a jak získat certifikát. *ATP - Elektro - Školení, projektování, instalace, revize* [online]. Dostupné z: <http://atp-elektro.cz/rozdeleni-paragrafu-dle-vyhlaskey-501978-sbirka/>
- [5] Vyhláška č.50 o elektro montážích a revizích. *Jaroslav Jordán - ELEKTRO, REVIZE* [online]. Copyright © 2020 Jaroslav Jordán [cit. 29.04.2020]. Dostupné z: <https://www.elektro-jordan.cz/vyhlaskey-50>
- [6] *Státní úřad inspekce práce | Státní úřad inspekce práce* [online]. Copyright © [cit. 29.04.2020]. Dostupné z: http://www.suip.cz/_files/suip-894cf5767e26c6bc128b3ce5a0657455/rozdeleni_ukonu_cinnosti.pdf
- [7] Zákon o inspekci práce (úplné znění) - Podnikatel.cz. *Podnikatel.cz - největší server pro podnikatele v ČR* [online]. Copyright © 2007 [cit. 29.04.2020]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-251-2005-sb-o-inspekci-prace/uplne/>
- [8] <https://www.zez-silko.cz/customzone/files/pfcnewcz.pdf>
- [9] *ZÁVODNÝ ELEKTRO - elektro, regulátory, trafostanice, kompenzace* [online]. Copyright ©b [cit. 11.05.2020]. Dostupné z: <http://www.zavodny.cz/data/pfcnew.pdf>
- [10] [online]. Dostupné z: https://www.kvelektro.cz/wp-content/uploads/2015/11/silove_kabely_a_vodice.pdf
- [11] *POJISTKOVÉ SYSTÉMY |* . [online]. Copyright © Copyright [cit. 11.05.2020]. Dostupné z: <https://kbh.cz/pojistkove-systemy>
- [12] *FORTIS II MKP - kondenzátory kompenzační |* . [online]. Copyright © Copyright [cit. 11.05.2020]. Dostupné z: <https://kbh.cz/fortis-ii-mkp-kondenzatory-kompenzacni>
- [13] *Kompenzační tlumivky VINDEX (ochranné) |* . [online]. Copyright © Copyright [cit. 11.05.2020]. Dostupné z: <https://kbh.cz/kompenzacni-tlumivky>
- [14] *Ke stažení | EMCOS. Úvod | EMCOS* [online]. Copyright © 2018 Emcos.cz [cit. 11.05.2020]. Dostupné z: <https://www.emcos.cz/cs/podpora/ke-stazeni>
- [15] *EMG Zlín, s.r.o.. EMG Zlín, s.r.o.* [online]. Dostupné z: https://www.emgzlin.cz/menu/kompenzace-o_kompenzacni.html
- [16] *Hradicí tlumivky NN - ZEZ SILKO. Výkonové a kompenzační kondenzátory - ZEZ SILKO* [online]. Dostupné z: <https://www.zez-silko.cz/cs/produkty/hradici-tlumivky-nn>